CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Pesquisa e Aplicações

ORGANIZADORA
Rosana Rodrigues Teixeira Andrade

Editora Poisson

VOLUME 7

Rosana Rodrigues Teixeira Andrade
(Organizadora)

Ciência dos Alimentos
Pesquisa e Aplicações
Volume 7

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciência dos Alimentos: Pesquisa e Aplicações - Volume 7/
Organização: Rosana Rodrigues Teixeira Andrade
Belo Horizonte - MG: Editora Poisson - 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-576-2
DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Alimentos 3. Nutrição
I. ANDRADE, Rosana Rodrigues Teixeira. II. Título

CDD-664.005

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Proteínas alternativas e sustentabilidade: inovação, impactos ambientais e perspectivas futuras 07

Mayara Zagoto, Anna Beatriz de Carvalho Martins, Alexandra Perdigão Maia de Souza, Camila Calistro Miculis, Danieli Suzan Valerio, Ellen Cristina de Morais Costa, Elizângela Regina da Silva Martins, Francisca Jussandra Alves Vieira, Luana Cruz Muxfeldt, Nicolas Bueno Mordhost Zeraik, Simone Maria Altoe Porto

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.01

Capítulo 2: Resíduos agroindustriais como fonte de bioprodutos de alto valor: uma revisão sistemática sobre pectina aplicada na indústria de alimentos 14

Michael Marcos de Aquino Gomes, Luan Ícaro Freitas Pinto, Saint Clair Lira Santos, Juvêncio Olegário de Oliveira Neto, Matheus Felipe de Aquino Gomes, Anna Thaís Correia Barreto, Juanne Queiroz Farias, Mailson Gonçalves Gregório, Irlan Victor de Sousa Palmeira, Tereza Cristina David Dantas

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.02

Capítulo 3: Valorização de cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro: uma revisão sistemática sobre compostos bioativos e potenciais aplicações funcionais 26

Juvêncio Olegário de Oliveira Neto, Luan Icaro Freitas Pinto, Pahlevi Augusto de Souza, Michael Marcos de Aquino Gomes, Mailson Gonçalves Gregório, Matheus Felipe de Aquino Gomes, Juanne Queiroz Farias, Irlan Victor de Sousa Palmeira, Anna Thaís Correia Barreto, Tereza Cristina David Dantas

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.03

Capítulo 4: Pão de abóbora e a sua inovação no combate contra o desperdício alimentar 37

Fabiane de Carvalho Sousa, Poliana dos Santos Bezerra, Franky Soedirlan Resosemito, Mario Cesar Soares Teixeira, Adrielle de Assunção Almeida, Luane Patricia Silva Pontes, Célia Diniz Garcia, Juliana Moraes Araujo

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.04

Capítulo 5: Valor nutricional de pão a base de farinha de batata doce obtida de cultivo agroecológico 51

Ralane Gomes da Silva, Lailson Oliveira de Sousa, Daniela Cavalcante dos Santos Campos

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.05

SUMÁRIO

Capítulo 6: Castanha de Sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess): fatores nutricionais e funcionais de uma amêndoa amazônica subaproveitada 59

Zandleme Birino de Oliveira, Flávia Nathale Corrêa Bentes, Kamila Brielle Pantoja Vasconcelos, Darlene Vitória Silva da Costa, Rafael Silva Cardoso, Pablício Pereira Cardoso, Karina Alcântara de Sousa, Antônio Quaresma da Silva Júnior

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.06

Capítulo 7: *Helianthus tuberosus*: um alimento funcional com potencial bioativo e perspectivas na ciência dos alimentos 73

Elienae da Silva Gomes, Adriela Albino Rydlewski, Alexandra Perdigão Maia de Souza, Bianca Pazinato, Camila Calistro Miculis, Elizangela Regina da Silva Martins, Julie Suzan da Silva, Luana Cruz Muxfeldt, Luana Morais Antonini, Mayara Zagoto, Nicolas Bueno Mordhost Zeraik, Simone Maria Altoé Porto

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.07

Capítulo 8: Avaliação da composição centesimal e atividade antioxidante da droga vegetal do Socoró (*Eugenia brachypoda* D.C.) armazenada sob diferentes condições 82

Carolina Aguiar e Silva, Elivelton Pontes Teixeira, Thayane Andreyna Santos Barros, Joice Farias Fernandes, Inaê Ferreira Pinto, Cristiane Mara Silva de Vasconcelos, Elivane Feitosa Oliveira de Lima, Iasmim Louíse Freitas da Silva, Zandleme Birino de Oliveira, Antônio Quaresma da Silva Júnior

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.08

Capítulo 9: Composição centesimal e perfil lipídico de cacau-jacaré 94

Zilanir Carvalho Pereira, Débora Nogueira Cavalcante, Cláudia Almeida Alves Vermehren, Railma Pereira Moraes, Jaqueline de Araújo Bezerra

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.09

Capítulo 10: Influência do tempo de secagem nas propriedades físicas das sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) *Moench*) 100

Thalis Leandro Bezerra de Lima, Lumara Tatiely Santos Amadeu, Newton Carlos Santos, Sâmela Leal Barros, Francislaine Suelia dos Santos, Yaroslávia Ferreira Paiva, Dyego da Costa Santos, Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Josivanda Palmeira Gomes, Luan Ícaro Freitas Pinto

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.10

Capítulo 11: Métodos integrados para a conservação de produtos de origem animal 113

Djonathan Adamante

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.11

SUMÁRIO

Capítulo 12: Elaboração de creme a partir do extrato de licuri (*Syagrus coronata*) .. 131

Mona Liza Santana Santa Rosa Macedo

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.12

Capítulo 13: Leite fermentado por *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus helveticus* - aspectos físico-químicos e microbiológicos 136

Débora Pinhatari Ferrreira, Ana Paula de Oliveira, Isabela de Souza Mattos, Marina Levorato de Moraes, Gerusa Martins Ayres, Luciana Furlaneto-Maia, Marly Sayuri Katsuda

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.13

Capítulo 14: Caracterização de bactérias láticas em queijos artesanais do Vale do Taquari: diversidade e impactos na qualidade e segurança dos alimentos 147

Magnólia Martins Erhardt, Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.14

Capítulo 15: Avaliação sensorial de formulações de creme de queijo: identificando a preferência do consumidor e potencial de mercado 157

Flávia Michelon Dalla Nora, Marianna Pozzatti Martins de Siqueira, Ellen Cristina Perin, Matheus Abraão Piovesan Pedroso

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.15

Capítulo 16: Como superar os desafios na construção de uma cultura de segurança dos alimentos nos laticínios? 170

Patrícia Arruda Scheffer, Matheus Abraão Piovesan Pedroso, Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.16

Capítulo 17: Segurança de alimentos: garantindo a segurança alimentar do campo à mesa 177

Zulene Lima de Oliveira, Francisca Jussandra Alves Vieira, Rhaira Rodrigues Dalla, André Lucas de Souza Lopes, Letícia Souza de Oliveira Rêgo, João Bosco Cavalcante da Silva Segundo, Lorena Pereira Ferreira, Inaê Ferreira Pinto, Flávia Karoline Souza da Silva, Joellington Marinho de Almeida

DOI: 10.36229/978-65-5866-576-2.CAP.17

Autores 188

Capítulo 1

Proteínas alternativas e sustentabilidade: inovação, impactos ambientais e perspectivas futuras

Mayara Zagoto
Anna Beatriz de Carvalho Martins
Alexandra Perdigão Maia de Souza
Camila Calistro Miculis
Danieli Suzan Valerio
Ellen Cristina de Morais Costa
Elizângela Regina da Silva Martins
Francisca Jussandra Alves Vieira
Luana Cruz Muxfeldt
Nicolas Bueno Mordhost Zeraik
Simone Maria Altoe Porto

Resumo: As proteínas alternativas vêm se consolidando como uma estratégia essencial para promover a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas alimentares globais. Fontes como plantas, fungos, algas, microrganismos, insetos e carne cultivada apresentam elevado potencial nutricional, perfil de aminoácidos equilibrado e funcionalidades tecnológicas aplicáveis em diversas formulações alimentícias. Além disso, destacam-se pelos menores impactos ambientais quando comparadas às proteínas animais convencionais, contribuindo para a redução do uso de recursos naturais, mitigação das emissões de gases de efeito estufa e conservação da biodiversidade. Este capítulo apresenta uma análise científica sobre o papel das proteínas alternativas e a sustentabilidade, apresentando aspectos nutricionais, tecnológicos, ambientais .

Palavras-chave: proteínas alternativas, sustentabilidade, microproteína, algas; insetos, carne cultivada.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por alimentos, especialmente fontes proteicas de alta qualidade, impõe desafios consideráveis ao eixo que conecta segurança alimentar, saúde humana e sustentabilidade ambiental. Projeções demográficas estimam que a população mundial ultrapassará 10 bilhões de pessoas até meados do século XXI, aumentando em cerca de 50 % a necessidade global de proteínas em relação aos níveis atuais (Fatima e*t al* .,2023).

A produção convencional de proteína animal (bovinos, suínos, aves, pesca) está entre as principais fontes de impactos ambientais adversos: elevadas emissões de metano e CO_2, uso intensivo de água doce, desmatamento para pastagens ou cultivo de alimentos para ruminantes, degradação do solo, eutrofização de corpos hídricos e contaminação por resíduos agroquímicos. Esses impactos geram não apenas custos ecológicos, mas também riscos para a saúde pública e para a resiliência dos sistemas alimentares frente às mudanças climáticas (Williamson *et al*.,2024).

Nesse contexto, as proteínas alternativas emergem como uma estratégias científicas promissora para diminuir os impactos ligados ao modelo alimentar atual. Entre essas alternativas destacam-se fontes vegetais (leguminosas, oleaginosas), proteínas microbianas, carne cultivada ("cell-based meat"), insetos e algas (microalgas e macroalgas). Cada uma possui diferentes perfis nutricionais, desafios tecnológicos, barreiras regulatórias e potencial de sustentabilidade, que precisam ser corretamente avaliados em estudos científicos robustos (Ali, *et al*., 2025).

Em particular, pesquisas recentes sobre microalgas têm evidenciado que diversas espécies apresentam teores proteicos elevados (> 40-70 % em base seca), perfis de aminoácidos relativamente balanceados e benefícios adicionais como produção rápida de biomassa, possibilidade de cultivo em ambientes não agrícolas, integração com sistemas de tratamento de água ou captura de CO_2, além de menor uso de terra e água comparativamente à proteína de origem animal(WU *et al*.,2023). Entretanto, embora o potencial seja grande, fatores como elevados custos de produção, eficiência de extração, aceitabilidade sensorial, regulamentação e segurança alimentar ainda limitam a adoção ampla dessas tecnologias (Mosibo *et al*.,2025).

Além disso, estudos de avaliação de ciclo de vida (LCA, life cycle assessment) indicam que, mesmo considerando os estágios de cultivo, processamento e transporte, certas proteínas alternativas podem apresentar pegadas de carbono, uso de terra e água bem inferiores às das proteínas animais convencionais. Mas esse resultado depende fortemente de variáveis como fonte de energia utilizada no processo, escala de produção, eficiência dos sistemas de cultivo ou fermentação, e local geográfico (Choręziak *et al*,2025; Quintieri *et al*.,2023).

Dessa maneira, este capítulo propõe-se a apresentar sobre proteínas alternativas, as capacidades nutricionais, implicações ambientais e tecnológicas, bem como os desafios e perspectivas para pesquisa e inovação. Através de uma análise crítica das evidências recentes, pretende-se contribuir em novas pesquisas nessa área com uma compreensão clara das oportunidades e limitações no desenvolvimento de sistemas alimentares sustentáveis envolvendo proteínas alternativas.

2. FONTES DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS

- Vegetais, Fungos e Algas, Insetos

Proteínas vegetais são provenientes de leguminosas (soja, ervilha, grão- de-bico, lentilha), oleaginosas e cereais — têm sido tradicionalmente as mais acessíveis e de aceitação relativamente alta. São fontes de aminoácidos essenciais, embora muitos vegetais tenham limitantes nutricionais, como baixos teores de lisina ou metionina, ou presença de fatores antinutricionais (fitatos, inibidores de proteases), que reduzem a biodisponibilidade. Processamentos como germinação, fermentação, aquecimento ou uso de enzimas têm sido empregados para melhorar digestibilidade e qualidade proteica (Ulhas *et al*.,2023).

- Fungos

Os fungos representam uma importante fonte de proteínas alternativas, especialmente na forma de micoproteína, obtida por meio da fermentação de espécies como Fusarium venenatum. A micoproteína apresenta teor proteico elevado (aproximadamente 45–50 % em base seca), com perfil de aminoácidos essencialmente completo e alta digestibilidade, além de baixo teor de gordura saturada. Além do valor nutricional, sua produção demanda menos terra e água do que a pecuária convencional, tornando-se uma alternativa promissora na transição para dietas mais sustentáveis (Derbyshire; Aulton, 2021).

Proteínas fungais também têm recebido atenção crescente, em especial pelo seu potencial de mimetizar textura e sabor de produtos de origem animal. Esses microrganismos apresentam composição proteica relevante, incluindo aminoácidos essenciais, além de fibras e outros compostos bioativos que podem contribuir para a saúde humana. O cultivo controlado desses fungos em biorreatores é considerado eficiente, pois requer menos recursos naturais em comparação à pecuária tradicional e pode ser realizado em condições independentes de clima e solo. De forma semelhante, as microalgas se destacam pelo elevado teor proteico, que pode ultrapassar 60 % em base seca, e pelo perfil nutricional diversificado. Além da proteína, apresentam carotenoides, ácidos graxos poli-insaturados e antioxidantes, o que amplia seu valor funcional e seu potencial para uso em alimentos inovadores (Yimam *et al*., 2024; Moura *et al*.,2023).

- Algas

As algas, tanto microalgas (como *Chlorella* e *Spirulina*) quanto macroalgas (como as utilizadas na alimentação tradicional asiática), são fontes relevantes de proteínas alternativas. As microalgas podem conter até 70 % de proteína em base seca, além de fornecerem fibras, minerais e compostos bioativos, como pigmentos e antioxidantes. Sua produção é altamente sustentável, pois pode ocorrer em sistemas fechados ou em áreas não agrícolas, com baixo consumo de água doce e capacidade de capturar CO_2 da atmosfera. Além disso, sua versatilidade permite aplicações em suplementos, ingredientes funcionais e formulações alimentícias (Welter; Lopes; Amboni, 2023).

- Insetos

Insetos comestíveis têm recebido atenção crescente como alternativa proteica sustentável. Vantagens incluem eficiência de conversão alimentar elevada, uso relativamente baixo de água e terra, e menores emissões de gases de efeito estufa comparativamente à produção convencional de proteína animal. Estudos recentes revisam suas propriedades funcionais (capacidade de gelificação, emulsificação,

capacidade de retenção de água/óleo) sob diferentes métodos de processamento (secagem, desengorduramento, modificação de pH, choque térmico) mostrando que pode melhorar suas propriedades tecnológicas (Queiroz *et al*.,2023).

Quanto à qualidade nutricional, revisões sistemáticas in vivo com roedores evidenciam que insetos comparados com dietas controle (proteína convencional) proporcionam ganho de peso semelhante ou superior, valores biológicos de proteína próximos, embora frequentemente com digestibilidade verdadeira um pouco menor, e maiores perdas de nitrogênio, o que indica que ainda há espaço para otimização (Henchion *et al*., 2021). Além disso, análises comparativas em humanos demonstram que, embora a biodisponibilidade de aminoácidos essenciais seja adequada, a digestibilidade pode variar em função da matriz alimentar e do processamento aplicado, sendo que tratamentos tecnológicos como hidrólise enzimática e fermentação tendem a aumentar a absorção de nutrientes e a reduzir fatores antinutricionais (Smith; Rudloff; Verghese, 2022).

Há ainda ensaios em humanos: por exemplo, estudo randomizado controlado com homens jovens que comparou ingestão de proteína de lesser mealworm versus proteína de leite, medindo digestão, incorporação de aminoácidos, síntese proteica muscular pós-exercício, mostrou que a proteína de inseto pode se comportar de modo semelhante em muitos desses parâmetros, embora existam diferenças na cinética de absorção(Hermans *et al.*,2021).

3. CARNE CULTIVADA ("*CELL-BASED MEAT*")

Carne cultivada refere-se ao cultivo de células animais em biorreatores, com o objetivo de produzir tecido similar à carne convencional. O potencial dessa tecnologia está em reduzir o uso de terra e emitir menos gases de efeito estufa, além de diminuir o problema de bem-estar animal e inserção de patógenos zoonóticos(Thornton, Philip; Gurney-Smith, Helen; Wollenberg *et al*., 2023).

Entretanto, estimativas atuais de ciclo de vida (LCA) e avaliações econômicas indicam que o impacto ambiental da carne cultivada depende muito de variáveis como: composição e pureza do meio de cultura, energia utilizada (se renovável ou não), eficiência do processo de fermentação ou cultivo celular, escala de produção, entre outras. Situações onde se use meio de cultura altamente purificado resultam em pegadas de carbono muito elevadas, que podem, em alguns modelos, ultrapassar as do gado convencional, se não houver otimização(Risner *et al*., 2024).

4. PROTEÍNAS ALTERNATIVAS E SUSTENTABILIDADE

4.1. REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A produção de proteínas alternativas apresenta menor impacto ambiental comparado à produção convencional de proteína animal. Estudos de avaliação do ciclo de vida (LCA) demonstram que o cultivo de proteínas vegetais, insetos, microrganismos e algas exige significativamente menos água, terra e energia, além de emitir menos gases de efeito estufa. Por exemplo, a produção de proteínas vegetais pode reduzir emissões de CO_2 em até 90 % em comparação com carne bovina, dependendo da fonte e do processo de cultivo (Siegrist *et al*., 2023).

4.2. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

As proteínas alternativas permitem um uso mais eficiente dos recursos naturais. Plantas, algas e microrganismos podem ser cultivados em áreas marginalmente agrícolas ou sistemas de cultivo vertical, reduzindo a necessidade de desmatamento e preservando ecossistemas nativos. Além disso, a produção de insetos requer menos água e alimento comparativamente à criação de gado, contribuindo para a conservação hídrica e a sustentabilidade do solo (Jafarzadeh *et al*., 2024).

4.3. INTEGRAÇÃO COM ECONOMIA CIRCULAR

Outro aspecto da sustentabilidade está na integração das proteínas alternativas a sistemas de economia circular. Resíduos agroindustriais, subprodutos de alimentos e águas residuais podem ser utilizados como substrato para o cultivo de microrganismos e insetos, gerando proteína de alta qualidade enquanto reduz o desperdício e promove reaproveitamento de recursos. Esse modelo aumenta a eficiência do uso de matérias-primas e minimiza impactos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos (Kapur *et al*., 2024).

4.4. POTENCIAL DE REDUÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O consumo de proteínas alternativas também contribui para a mitigação das mudanças climáticas. Estudos indicam que substituições parciais de proteínas animais por alternativas vegetais ou microbianas podem reduzir significativamente a pegada de carbono da dieta humana. A adoção em larga escala de alimentos baseados em plantas e proteínas microbianas pode ser uma estratégia efetiva para reduzir emissões globais de gases de efeito estufa associadas à produção de alimentos (Wood *et al*., 2022).

5. PERSPECTIVAS FUTURAS

O futuro das proteínas alternativas está fortemente ligado à inovação tecnológica, sustentabilidade e aceitação do consumidor. Espera-se que a integração de fontes vegetais, insetos, algas, microrganismos e carne cultivada seja cada vez mais ampla, oferecendo soluções complementares à dieta global. Estudos recentes indicam que a combinação de diferentes fontes proteicas — como misturas vegetais com microalgas ou proteínas microbianas — pode otimizar o perfil nutricional, melhorar funcionalidades tecnológicas e reduzir impactos ambientais (Verbeke, 2022).

A biotecnologia terá papel central, permitindo aprimorar a produtividade, a digestibilidade e a segurança alimentar dessas proteínas. Estratégias como fermentação dirigida, engenharia metabólica e cultivo celular avançado podem resultar em produtos com perfil de aminoácidos melhorado, menor presença de compostos antinutricionais e maior eficiência no uso de água, energia e insumos agrícolas (Henchion *et al*., 2021).

Além disso, a educação e a comunicação científica sobre os benefícios nutricionais e ambientais das proteínas alternativas serão cruciais para aumentar a aceitação do consumidor. Pesquisas sobre percepção sensorial, hábitos alimentares e barreiras culturais são essenciais para promover a adoção desses produtos em larga escala (Henchion *et al*., 2021).

Outro ponto relevante é a necessidade de políticas públicas e regulamentações claras,

que garantam segurança alimentar, qualidade nutricional e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que incentivem a inovação. Espera-se que, nos próximos anos, cresça o número de produtos com certificação de impacto ambiental reduzido e que as proteínas alternativas sejam incorporadas em diretrizes nutricionais e programas de alimentação institucional (Smith; Rudloff; Verghese, 2022).

6 CONCLUSÃO

Pode se concluir que as proteínas alternativas representam uma estratégia promissora para enfrentar os desafios da segurança alimentar global, da preservação ambiental e da promoção da saúde humana. As diferentes fontes: vegetais, insetos, microrganismos, algas e carne cultivada — apresentam vantagens nutricionais e funcionais distintas, bem como potencial significativo de redução do impacto ambiental em comparação à produção convencional de proteína animal. Apesar dos avanços tecnológicos e do crescente interesse acadêmico e industrial, ainda existem desafios significativos: otimização de processos, melhoria de digestibilidade e biodisponibilidade de aminoácidos, redução de custos, regulação, aceitação do consumidor e escalabilidade. A pesquisa científica contínua e interdisciplinar é fundamental para superar esses obstáculos e transformar o potencial das proteínas alternativas em soluções reais para a alimentação do futuro.

Novas pesquisas em proteínas alternativas e sustentabilidade é essencial, para futuros profissionais e cientistas pois terão o papel de desenvolver alimentos inovadores, seguros, nutritivos e ambientalmente responsáveis, contribuindo diretamente para sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

REFERÊNCIAS

[1] ALI, Sameh S. et al. Advancements and challenges in microalgal protein production: A sustainable alternative to conventional protein sources. **Microbial Cell Factories**, v. 24, n. 1, p. 61, 2025.

[2] BRYANT, C. J. et al. Plant-based animal product alternatives are healthier and more sustainable. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, p. 1-9, 2022.

[3] CHOREZIAK, Anna et al. Nutritional Quality, Safety and Environmental Benefits of Alternative Protein Sources—An Overview. **Nutrients**, v. 17, n. 7, p. 1148, 2025.

[4] DE MATOS, Francielle Miranda; RASERA, Gabriela Boscariol; DE CASTRO, Ruann Janser Soares. Insects as a sustainable source of emerging proteins and their processing to obtain bioactive compounds: an updated review. **Sustainable Food Technology,** v. 2, n. 1, p. 19-31, 2024.

[5] DERBYSHIRE, E.; AULTON, J. Food for the future: The nutritional and environmental potential of mycoprotein. **Nutrition Bulletin**, v. 46, n. 1, p. 88-101, 2021.

[6] FATIMA, Nayab et al. Recent advances in microalgae, insects, and cultured meat as sustainable alternative protein sources. **Food and Humanity**, v. 1, p. 731-741, 2023.

[7] FRONTIERS. A comparative nutritional life cycle assessment of processed and unprocessed soy-based meat and milk alternatives including protein quality adjustment. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 2024.

[8] HEFFERON, Kathleen L. et al. Alternative protein innovations and challenges for industry and

consumer: an initial overview. **Frontiers in Sustainable Food Systems,** v. 7, p. 1038286, 2023.

[9] HENCHION, M. et al. Insects for food and feed: Beyond the hype, a review of global developments and future prospects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 112, p. 252-268, 2021

[10] HERMANS, Wesley JH et al. Insects are a viable protein source for human consumption: from insect protein digestion to postprandial muscle protein synthesis in vivo in humans: a double-blind randomized trial. **The American journal of clinical nutrition,** v. 114, n. 3, p. 934-944, 2021.

[11] JAFARZADEH, S.; et al. Alternative proteins: A path to sustainable diets and food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 112, p. 1-13, 2024.

[12] KAPUR, M.; et al. What is the likely impact of alternative proteins on diet sustainability? **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 1-9, 2024

[13] LISBOA, Hugo M. et al. Unlocking the potential of insect-based proteins: Sustainable solutions for global food security and nutrition. **Foods**, v. 13, n. 12, p. 1846, 2024.

[14] MOSIBO, Ornella Kongi; FERRENTINO, Giovanna; UDENIGWE, Chibuike C. Microalgae proteins as sustainable ingredients in novel foods: recent developments and challenges. **Foods**, v. 13, n. 5, p. 733, 2024.

[15] MOURA, Marília Aparecida Fidelis e et al. Alternative protein sources of plant, algal, fungal and insect origins for dietary diversification in search of nutrition and health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 31, p. 10691- 10708, 2023.

[16] QUEIROZ, Lucas Sales et al. Edible insect as an alternative protein source: a review on the chemistry and functionalities of proteins under different processing methods. **Heliyon**, v. 9, n. 4, 2023.

[17] QUINTIERI, Laura et al. Alternative protein sources and novel foods: benefits, food applications and safety issues. **Nutrients**, v. 15, n. 6, p. 1509, 2023.

[18] RISNER, Derrick et al. Environmental impacts of cultured meat: A cradle-to-gate life cycle assessment. **ACS Food Science & Technology**, v. 3, n. 4, p. 779-787, 2024.

[19] Sameh S. et al. Advancements and challenges in microalgal protein production: A sustainable alternative to conventional protein sources. **Microbial Cell Factories**, v. 24, n. 1, p. 61, 2025.

[20] SIEGRIST, M.; et al. Why alternative proteins will not disrupt the meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 1-9, 2023.

[21] SMITH, A.; RUDLOFF, S.; VERGHESE, M. Protein quality and digestibility of edible insects: Implications for human nutrition. **Journal of Functional Foods**, v. 92, p. 105056, 2022.

[22] THORNTON, Philip; GURNEY-SMITH, Helen; WOLLENBERG, Eva. Alternative sources of protein for food and feed. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 62, p. 101277, 2023.

[23] ULHAS, Rutwick Surya et al. A review of alternative proteins for vegan diets: Sources, physico-chemical properties, nutritional equivalency, and consumer acceptance. **Food Research International**, v. 173, p. 113479, 2023.

[24] VERBEKE, W. Nutritional value of insects: Current knowledge and future directions in animal and human nutrition. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 8, n. 7, p. 669-686, 2022.

[25] WELTER, L.; LOPES, E. J.; AMBONI, R. D. Alternative proteins: Nutritional, functional, and technological perspectives of microalgae**. Food Research International**, v. 166, p. 112620, 2023.

[26] WILLIAMSON, Ellen et al. Microalgae: Potential novel protein for sustainable human nutrition. **Trends in Plant Science**, v. 29, n. 3, p. 370-382, 2024.

[27] WOOD, P.; et al. A review of the alternative protein industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 1-10, 2022.

[28] WU, Jia Yee et al. The utility of algae as sources of high value nutritional ingredients, particularly for alternative/complementary proteins to improve human health. **Frontiers in nutrition**, v. 10, p. 1277343, 2023.

[29] YIMAM, Mohammed Ahmed et al. The role of algae, fungi, and insect-derived proteins and bioactive peptides in preventive and clinical nutrition. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, p. 1461621, 2024.

[30] ZENG, Yan et al. Nutritional value and physicochemical characteristics of alternative protein for meat and dairy—a review. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3326, 2022.

Capítulo 2

Resíduos agroindustriais como fonte de bioprodutos de alto valor: uma revisão sistemática sobre pectina aplicada na indústria de alimentos

Michael Marcos de Aquino Gomes
Luan Icaro Freitas Pinto
Saint Clair Lira Santos
Juvêncio Olegário de Oliveira Neto
Matheus Felipe de Aquino Gomes
Anna Thaís Correia Barreto
Juanne Queiroz Farias
Mailson Gonçalves Gregório
Irlan Victor de Sousa Palmeira
Tereza Cristina David Dantas

Resumo: Por meio do crescimento ascendente das atividades agroindustriais, grandes volumes de resíduos orgânicos são gerados, gerando destinação inadequada, que representa um desafio ambiental, econômico e social. Contudo, esses subprodutos apresentam potencial significativo para a obtenção de bioprodutos com alto valor agregado, como a pectina, amplamente utilizada na indústria de alimentos pelas suas propriedades gelificantes, espessantes e estabilizantes. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o aproveitamento de resíduos agroindustriais como fontes alternativas de pectina e suas principais aplicações industriais. A pesquisa foi conduzida nas bases *Science Direct*, MDPI, LWT - *Food Science* and Technology, SciELO e *Web of Science*, no período de setembro a outubro de 2025, considerando publicações entre 2015 e 2025. Foram selecionados 12 artigos originais que atenderam aos critérios de inclusão, com ênfase em métodos de extração, rendimento, grau de esterificação e teor de ácido galacturônico. Os resultados evidenciaram que o tipo de ácido e a metodologia aplicada influenciam diretamente a qualidade da pectina obtida. As extrações realizadas com ácidos orgânicos (cítrico e acético) e métodos assistidos por tecnologias emergentes, como micro-ondas e ultrassom, apresentaram melhor desempenho, resultando em pectinas de alta pureza (teor de GalA maior que 65%) e estrutura preservada. Em contrapartida, o uso de ácidos minerais fortes (como H_2SO_4 e HCl) mostrou-se mais severo, reduzindo o grau de esterificação e a integridade da molécula. Esses achados confirmam o potencial dos resíduos agroindustriais como fontes sustentáveis e econômicas de pectina, além de reforçarem sua importância na promoção da economia, na redução de impactos ambientais e na geração de bioprodutos de alto valor agregado aplicáveis ao setor alimentício e biotecnológico.

Palavras-chave: Biopolímeros, Pureza, Reaproveitamento, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, elevadas quantidades de resíduos agroindustriais, tanto provenientes de culturas agrícolas quanto de processos de beneficiamento, têm sido geradas. Estima-se a produção de cerca de 1,6 bilhão de toneladas de resíduos relacionados a produtos primários, com desperdícios alimentares totais da fração comestível que podem atingir 1,3 bilhão de toneladas. Em nível industrial, o aproveitamento desses resíduos ou subprodutos da agroindústria como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos pode gerar benefícios econômicos e ambientais significativos (Rodríguez-Félix *et al*., 2022).

Esses resíduos podem se originar de colheitas agrícolas, incluindo palhas de cereais, galhos, sementes e cascas, como também provenientes do processamento de frutas e hortaliças, que são gerados em quantidades substanciais e, muitas vezes, não recebem destinação ou aproveitamento adequado (Xá *et al*., 2025). Por apresentarem estrutura e composição química complexas (compostos principalmente por fibras, amido, celulose, hemicelulose, lignina, proteínas e compostos polifenólicos) constituem fontes promissoras para a obtenção de novos produtos, como pectina, amido, celulose e pigmentos (Ganeva *et al*., 2025).

A pectina é um polissacarídeo de estrutura complexa presente na parede celular e na lamela média das plantas superiores, sendo extraída principalmente de frutas como laranja, maçã, maracujá e melancia (Chiriminna *et al*., 2022). Trata-se de um polímero de ácido galacturônico ligado por unidades de α-1,4-D-galacturônico na cadeia principal, acompanhado por unidades de α-1,2-L-ramnose e outros monossacarídeos nas cadeias laterais (Qin *et al*., 2022).

A proporção entre os grupos de ácido carboxílico esterificado e o ácido carboxílico total é denominada grau de esterificação (GE), parâmetro que influencia diretamente as propriedades gelificantes da pectina. De acordo com o GE, ela pode ser classificada em pectina de alto grau de esterificação (GE > 50%) e de baixo grau de esterificação (GE < 50%), resultando em diferentes aplicações industriais (Wang *et al*., 2018). Além disso, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e o Food Chemical Codex (FCC) estabelecem que o teor de ácido anidrourônico da pectina comercial deve ser superior a 65%, assegurando sua pureza para uso alimentício. Assim, o teor de ácido galacturônico é considerado um parâmetro essencial para verificar a pureza da pectina (Jong *et al*., 2023).

Devido à crescente demanda por pectina, pesquisadores têm buscado novas fontes desse polissacarídeo, considerado um ingrediente versátil, com diversas aplicações na indústria alimentícia, atuando como espessante, estabilizante, emulsificante e fortificante em produtos como geleias, molhos e sorvetes (Tripathi *et al*., 2023; Liu *et al*., 2023). Além dessas aplicações, a pectina destaca-se como uma matriz promissora para a produção de filmes biopoliméricos, devido à sua excelente capacidade de formação de gel, biodegradabilidade e biocompatibilidade. Tais características a tornam adequada como matéria-prima para filmes e revestimentos comestíveis, aplicáveis na conservação de alimentos (Qin *et al*., 2022).

Devido ao crescente volume de resíduos agroindustriais e à sua destinação inadequada, surge uma preocupação ambiental, econômica e social, pois esses materiais representam tanto uma fonte de poluição quanto o desperdício de compostos de alto valor agregado. A valorização desses resíduos configura-se, portanto, como uma estratégia sustentável, capaz de recuperar biocompostos com potencial de aplicação industrial. Dentre eles,

destaca-se a pectina, um polissacarídeo de grande importância tecnológica e funcional na indústria de alimentos. Assim, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre o aproveitamento de resíduos agroindustriais como fontes alternativas de pectina e suas aplicações no setor alimentício, evidenciando os principais avanços tecnológicos e propriedades funcionais desse biopolímero.

2. METODOLOGIA

Este estudo seguiu a metodologia de revisão sistemática da literatura. Uma pesquisa minuciosa sobre a temática abordada foi realizada nas principais plataformas de periódicos científicos internacionais como MDPI, LWT - Food Science and Technology, Science Direct, SciELO e Web of Science, realizado no período de setembro e outubro de 2025. Esta metodologia escolhida se deu pela disponibilidade e flexibilidade na disponibilidade de resultados, podendo abordar com isso informações contextualizadas, descritivas e fundamentadas em periódicos de grande impacto.

O processo foi estruturado pelas seguintes etapas: (1) definição da temática da pesquisa e dos objetivos; (2) elaboração da estratégia de busca com definição de descritores; (3) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; (4) seleção e triagem dos estudos; (5) extração e análise qualitativa dos dados; e (6) síntese e interpretação dos resultados.

Estratégias de busca

Estratégia de busca utilizou os seguintes descritores em inglês: "*agro-industrial residues*", "*food valorization*", "*pectin, starch*", "*pigments*", "*bioactive compounds*" e "*antioxidant activity*". O operador booleano AND foi utilizado para combinar os termos e refinar os resultados, assegurando que os estudos abordassem especificamente o aproveitamento de resíduos agroindustriais para a geração de novos produtos.

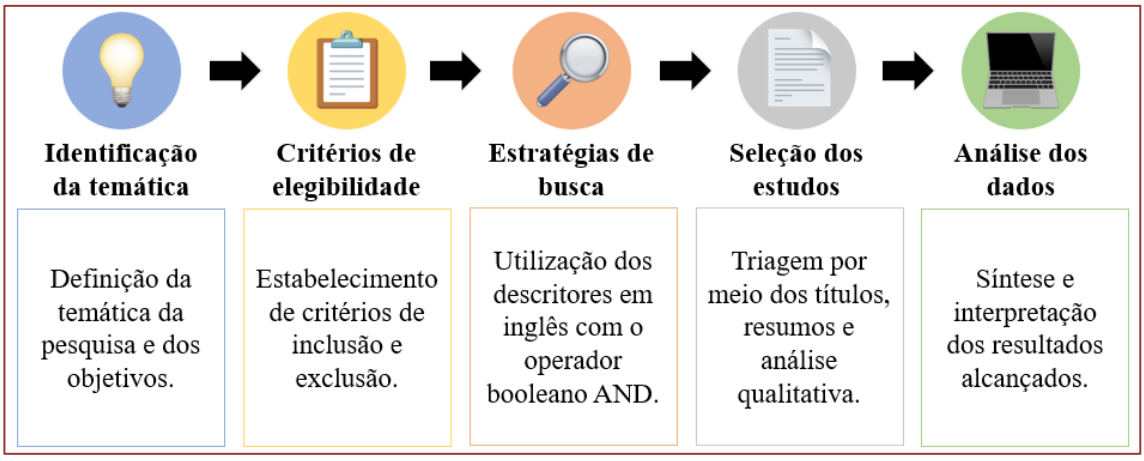
Critérios de inclusão e exclusão

Para escolha dos artigos, critérios rigorosos foram adotados, selecionando-se artigos dos últimos dez anos (2015-2025), visando com isso a utilização de estudos recentes e sua relevância científica no que está sendo desenvolvido. Artigos de revisão, relatos de caso, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses foram excluídos, pois não abordam os requisitos da pesquisa, visto que se buscou internacionalização, podendo ser observado como as pesquisas estão sendo desenvolvidas mundialmente.

Análise dos dados

Os dados dos artigos selecionados foram submetidos a uma análise qualitativa e de síntese narrativa. O foco da análise foram os principais compostos obtidos (como pectina, amido, pigmentos), os métodos de extração empregados, as atividades biológicas relatadas e os potenciais aplicações na indústria de alimentos e em outros setores. As conclusões dos estudos foram interpretadas de forma crítica para discutir o potencial dos resíduos na redução do desperdício e no impacto ambiental. A Figura 1 descreve o fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma das etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos na revisão sistemática



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

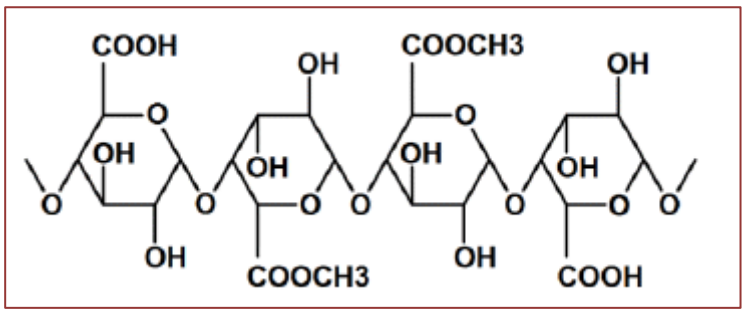
Pectina: estrutura, principais fontes e extração

A pectina é um polissacarídeo complexo, atóxico, natural e versátil que desperta interesse nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. É um dos principais componentes das paredes celulares de todas as plantas superiores, representando 0,5 a 4,0% do peso fresco total das plantas (Picot-Allain *et al*., 2022). Esta molécula foi isolada pela primeira vez em 1790 por Louis Nicolas Vauquelin, a partir do fruto de tamarindo. Já o termo pectina foi criado em 1825 por Henri Braconnot, derivado da palavra grega "pektikos", que significa solidificar ou congelar (Dominiak *et al*., 2015).

Solúvel em água, a pectina é um biopolímero aniônico de cor amarelo-claro, destacando-se como um dos polímeros mais comercializados mundialmente. No ano de 2019, o mercado global de pectina foi estimado em US$ 1 bilhão, devendo atingir US$ 1,5 bilhão em 2025 (Markets and Markets, 2019) e 2,12 bilhões em 2030, o que indica uma taxa de crescimento anual de 6,5% ao decorrer do período previsto (Emergen Research, 2022).

Os polissacarídeos são macromoléculas formadas por polímeros de monossacarídeos unidos em cadeias longas, e muitos deles servem para o armazenamento de açúcares. A estrutura básica de todas as moléculas de pectina é composta por uma cadeia linear de unidades α-1-4-D-ácido galacturônico, contendo de 100 a quase 1.000 monômeros de ácido galacturônico e podendo apresentar, ainda, ramnose (Figura 2) (Lara-Espinoza *et al*., 2018).

Figura 2. Estrutura molecular da pectina



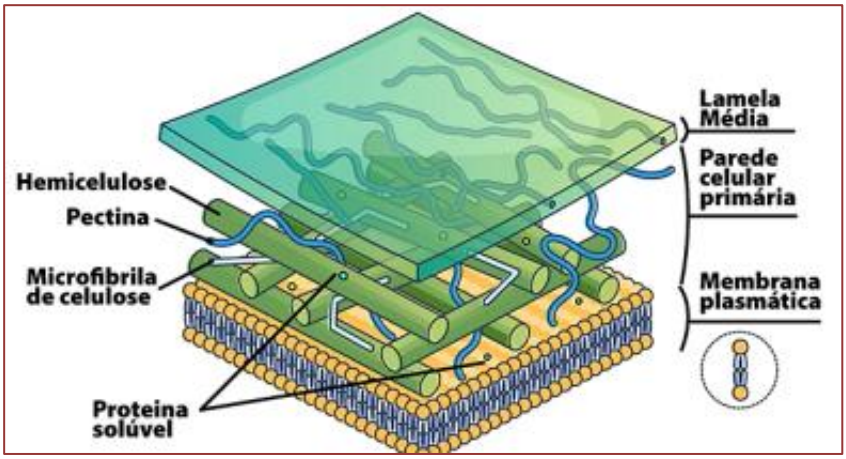
Fonte: Química, 2024.

Por definição, as pectinas caracterizam-se como ácidos pécticos com diferentes graus de esterificação e neutralização, sendo subdivididas quanto a função do grau de esterificação ou metoxilação: pectinas de alta esterificação, quando superiores a 50%, ou pectinas HM (High Methoxylation), pectinas de baixa esterificação (BTM) ou pectinas LM (Low Methoxylation), quando inferior a 50% e pectinas amidadas de baixa esterificação (Xie *et al*., 2021). Esses parâmetros possuem um impacto crucial na qualidade da pectina, quando se fala nas suas propriedades comerciais, bem como na sua aplicação na indústria (Frosi *et al*., 2023).

Sua estrutura é composta por aproximadamente 65% de homogalacturonano (HG) na região lisa, que possui uma estrutura linear de unidades GalA unidas por ligações a-(1,4)-glicosídica. Os 35% restantes consistem em uma estrutura ramificada contendo ramnogalacturonano (RG-I e RG-II) na região pilosa, além de xilogalacturonano (XG) e apiogalacturonano (APG) (Sun *et al*., 2023).

Pectina é uma fibra estrutural presente na parede celular primária e na camada intracelular das células vegetais. Estruturalmente falando, a parede celular das plantas primárias é composta principalmente por três classes de polissacarídeos: celulose, hemicelulose e pectina (Figura 3). Com isso, a pectina exerce papel importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas. As quatro principais funções da pectina nas células vegetais incluem: (a) facilitar a adesão entre as células, (b) aumentar a resistência mecânica da parede celular, (c) possibilitar a formação de géis estabilizadores e (d) desempenhar um papel importante no crescimento das células vegetais (Freitas *et al*., 2020; Badaró *et al*., 2020; Valdéz *et al*., 2015).

Figura 3. Estrutura da pectina nos vegetais



Fonte: Depositphotos, 2024.

Essa biomolécula é um ingrediente funcional amplamente utilizado em indústrias alimentícias e farmacêuticas há décadas graças aos seus benefícios à saúde, propriedades de espessamento, gelificação e emulsificação (Delfos, Sepehri, 2016). Em escala industrial, a pectina é extraída sobretudo das cascas de frutas cítricas (85%), bagaço da maçã (14%) e beterraba (1%) (Ma *et al*., 2020; Wang *et al*., 2018).

Pesquisas recentes descrevem que a pectina pode ser extraída de diversos subprodutos da indústria de alimentos, o que leva a valorização dos resíduos agroindustriais. Alguns dos subprodutos mais explorados nos últimos anos são cascas de maracujá (Silveira *et al*., 2024), casca de melancia (Ma *et al*., 2024), casca de manga (Wongkaew *et al*., 2021), casca de jabuticaba (Resende, França, 2023), polpa de abóbora (Frosi *et al*., 2024), casca de melão (Bilraheem *et al*., 2024), casca de romã (Xu *et al*., 2023) e córtex da mandioca (Andrade *et al*., 2024).

O processo de obtenção da pectina abrange três etapas essenciais: extração do material do fruto ou planta a partir da aplicação de pré-tratamentos, purificação do extrato líquido e isolamento da pectina da solução, finalizando-se essas etapas com um processo de secagem em temperaturas moderadas. A extração convencional (extração sólido-líquido) depende de diversos fatores, como temperatura, pH, características do solvente, proporção entre sólido e solvente, sólidos secos, tamanho das partículas e taxa de difusão (Maric *et al*., 2018).

Nas grandes indústrias, sua extração é tradicionalmente feita em água acidificada com ácidos, como sulfúrico, nítrico, fosfórico, ascórbico, acético ou clorídrico; temperaturas variando entre 80 a 100 °C por um determinado tempo e agitação contínua (Georgiev *et al*., 2013). No entanto, pesquisas recentes estão buscando alternativas sustentáveis e mais rápidas para extração de pectina de materiais biológicos. Essas técnicas inovadoras abrangem extração assistida por ultrassom, aquecimento por micro-ondas, enzimas, dentre outras (Wongkaew *et al*., 2021).

Qualidade, pureza, compostos bioativos e atividade antioxidante

Com base nos resultados obtidos na literatura, foram selecionados 12 artigos que apresentaram informações relevantes e consistentes para a avaliação da qualidade e

pureza das pectinas extraídas de diferentes resíduos agroindustriais, caracterizando-se como fatores primordiais para aplicação na indústria de alimentos. A Tabela 1 reúne os métodos de extração empregados e os respectivos valores de rendimento (RP %), grau de esterificação (GE %) e teor de ácido galacturônico (GalA %), parâmetros fundamentais para a caracterização e comparação da eficiência dos processos e da integridade estrutural das pectinas analisadas.

Tabela 1 – Métodos de extração, rendimento (%), grau de esterificação (%) e teor de ácido galacturônico (%)

Autores	Matéria-prima	Método de extração	Análises de qualidade		
			RP (%)	GE (%)	GalA (%)
Gonzalez-Serrano *et al.* (2025)	Cascas de alho	Ácida, assistida por micro-ondas	14,5	46,0	74,9
Rodrigues *et al.* (2025)	Córtex da mandioca	Ácida ($C_6H_8O_7$)	57,0	33,3	13,6
Andrade *et al.* (2024)	Córtex da mandioca	Ácida (CH_3COOH)	97,1	44,4	93,1
Nguyen *et al.* (2024)	Casca de cajá	Ácida ($C_6H_8O_7$)	29,6	67,0	75,3
Nguyen *et al.* (2024)	Casca da semente de jaca	Ácida ($C_6H_8O_7$)	29,9	63,0	78,6
Jeevitha (2023)	Casca de cebola	Ácida, assistida por ultrassom	11,1	56,8	71,2
Whatoni *et al.* (2019)	Casca de mangostão	Ácida (H_2SO_4)	1,1	-	75,9
Gemechu *et al.* (2024)	Casca de manga	Ácida (H_2SO_4)	64,6	49,6	70,3
Yu *et al.* (2024)	Casca de pomelo	Ácida, com enzima celulase	11,9	47,7	56,3
Ozturk *et al.* (2024)	Casca de toranja	Micro-ondas	27,5	71,7	83,9
Fihry *et al.* (2024)	Casca de romã	Ácida (HCl 0,5 M)	12,0	80,7	70,0
Jong *et al.* (2023)	Casca de durian	Ácidos minerais	9,9	20,9	39,1

Onde: GE - grau de esterificação; GalA - ácido galacturônico.

De acordo com a Tabela 1, é possível observar ampla variação nos valores de rendimento de pectina (RP), grau de esterificação (GE) e teor de ácido galacturônico (GalA), refletindo as diferenças entre matérias-primas, tipos de ácidos empregados e métodos de extração aplicados nos diferentes estudos. No estudo de Gonzalez-Serrano *et al.* (2025), o rendimento foi de 14,5% na extração de pectina de cascas de alho utilizando método ácido assistido por micro-ondas. Apesar do rendimento ter sido moderado, o GE de 46,06% indica pectina de baixo grau de esterificação, sendo considerada adequada para aplicação em produtos com adição de cálcio, como géis e coberturas. O teor de GalA de 74,9% demonstra um grau de pureza elevado, atendendo aos padrões internacionais (FAO/FCC), conforme descrito por Jong *et al.* (2023), confirmando a eficiência do método assistido por micro-ondas na extração de pectinas de boa qualidade estrutural.

Rodrigues *et al.* (2025) e Andrade *et al.* (2024) estudaram o córtex da mandioca utilizando diferentes agentes extratores. O primeiro, com ácido cítrico ($C_6H_8O_7$), obteve RP de 57,0%, GE de 33,3% e teor de GalA de apenas 13,6%, sugerindo a presença de impurezas e

degradação parcial da cadeia polissacarídica. Por outro lado, Andrade *et al*. (2024), ao utilizar ácido acético (CH_3COOH), obteve maior rendimento entre os estudos (97,1%), com GE de 44,4% e GalA de 93,1%, mostrando que a acidez mais branda do ácido acético gera uma melhor preservação a estrutura da pectina e favorece sua extração, resultando em produto de pureza elevada e potencial tecnológico.

Nguyen *et al*. (2024) investigaram duas fontes distintas (casca de cajá e casca da semente de jaca), ambas submetidas à extração ácida com ácido cítrico, obtiveram resultados semelhantes, com RP de 29,6 e 29,9%, GE de 67,0 e 63,0% e teor de GalA igual a 75,3 e 78,6%, respectivamente. Esses valores indicam pectinas de alto grau de esterificação, configurando-se como mais adequadas para a formação de géis em meios com alto teor de açúcar e pH ácido, comumente utilizada na fabricação de geleias e doces. Por meio desses resultados, sugere-se que, pela elevada pureza observada, resíduos de frutas tropicais são fontes promissoras de pectina de boa qualidade.

No estudo de Jeevitha (2023), em que utilizaram casca de cebola e a forma de extração ácida assistida por ultrassom, obtiveram RP de 11,1%, GE de 56,8% e teor de GalA de 71,2%. Embora o rendimento tenha sido baixo, o método ultrassônico evidenciou eficiência na preservação do grau de esterificação e garantiu uma pectina com pureza elevada, indicando que a técnica pode reduzir tempo e consumo de solventes, mesmo que o teor final dependa fortemente da estrutura lignocelulósica da matéria-prima.

No caso do mangostão, Whatoni *et al*. (2019) O rendimento da pectina obtido foi de 1,1%, indicando que a extração resultou em uma quantidade relativamente baixa de material. Já o teor de ácido galacturônico foi de 75,9%, valor elevado que evidencia a presença significativa de unidades de galacturonano na estrutura da pectina, essenciais para suas propriedades de gelificação. Esses resultados sugerem que, embora o rendimento seja limitado, a pectina extraída possui boa qualidade estrutural, com potencial para aplicações em produtos alimentícios que requerem formação de gel.

Gemechu *et al*. (2024), ao estudarem a casca de manga com extração ácida utilizando H_2SO_4, obtiveram RP de 64,6%, GE de 49,6% e teor de GalA igual a 70,3%. Esses resultados configuram-se como valores equilibrados, indicando pectina de boa qualidade, sendo isso atribuído possivelmente à otimização das condições de extração (menor concentração e tempo controlado). O resultado demonstra que mesmo ácidos minerais fortes podem ser aplicados com sucesso, desde que o processo seja ajustado de forma cuidadosa.

Yu *et al*. (2024), em seus estudos, explorando a casca de pomelo atrelada a uma extração ácida assistida por enzima celulase, obtiveram RP de 11,9%, GE de 47,7% e teor de GalA de 56,3%. Como efeito, a ação enzimática favorece a liberação da pectina da matriz celular, mas o teor de GalA inferior a 65% indica presença de açúcares neutros ou impurezas, sugerindo que a etapa enzimática deve ser otimizada para melhorar sua pureza.

Ozturk *et al*. (2024), em sua extração de pectina, aplicaram o método de micro-ondas à casca de toranja, obtendo RP de 27,5%, GE elevado igual a 71,7% e teor de GalA de 83,9%, mostrando excelente qualidade e integridade estrutural da pectina. O alto grau de esterificação indica menor desmetilação, sendo uma característica desejável para formulações alimentícias com propriedades texturais estáveis. Fihry *et al*. (2024), ao utilizarem casca de romã em extração ácida com HCl 0,5 M, obtiveram GE de 80,7% e GalA de 70,0%. Esses valores que demonstram pectina com alto grau de esterificação e pureza satisfatória, embora o rendimento tenha sido moderado (12,0%). Esses resultados demonstram que o ácido clorídrico em concentração moderada pode promover extração eficiente sem comprometer a integridade estrutural do polímero.

Jong *et al*. (2023), ao empregar ácidos minerais na extração de pectina da casca de frutos de durian, observaram baixos valores de RP (9,9%), GE (20,9%) e teor de GalA (39,1%), indicando degradação acentuada e perda estrutural do biopolímero, possivelmente devido à forte acidez e prolongado tempo de exposição. Esses resultados corroboram que o uso de ácidos minerais concentrados tende a reduzir significativamente a qualidade da pectina obtida.

De modo geral, os estudos apresentados evidenciam que o tipo de ácido e a intensidade do método de extração são fatores determinantes para o desempenho e qualidade da pectina. Métodos com ácidos orgânicos (cítrico e acético) e assistidos por tecnologias emergentes (ultrassom e micro-ondas) mostraram-se mais eficazes para preservar o grau de esterificação e o teor de ácido galacturônico, resultando em pectinas mais puras e com propriedades tecnológicas adequadas para aplicações na indústria de alimentos, utilizando ácidos que não prejudicam a saúde humana e o aproveitamento de resíduos no combate ao desperdício e contaminação do meio ambiente.

4. CONCLUSÃO

Por meio dessa revisão sistemática, foi observar que os resíduos agroindustriais constituem fontes viáveis e sustentáveis para a obtenção de pectina, apresentando potencial significativo para uso na indústria de alimentos, como também em outras áreas tecnológicas. Os diferentes rendimentos e purezas observadas entre os estudos possuem ligação direta com à natureza da matéria-prima, ao tipo de ácido e às condições de extração aplicadas.

Em geral, os métodos que utilizam ácidos orgânicos e assistidos por tecnologias emergentes, como ultrassom e micro-ondas, mostraram-se mais eficientes e menos degradantes, resultando em pectinas de melhor qualidade, com elevados teores de ácido galacturônico e graus de esterificação adequados.

Esses achados reforçam a importância da otimização dos processos de extração e da valorização de resíduos agroindustriais, não apenas como medida de mitigação ambiental, mas também como alternativa estratégica para o desenvolvimento de bioprodutos de alto valor agregado. Assim, a recuperação de pectina a partir de resíduos vegetais representa uma contribuição relevante à bioeconomia e à sustentabilidade do setor agroalimentar.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, F. S.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; RODRIGUES, T. J. A.; VIEIRA, A. G.; SILVA, A. P. F.; ARAÚJO, G. T.; ALBUQUERQUE JUNIOR, N. M. Optimization of the acid extraction process of pectin from cassava córtex. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, p. 7342-7358, 2024.

[2] BADARÓ, A. T.; GARCIA-MARTIN, J. F.; LÓPEZ-BARRERA, M. DEL C.; BARBIN, D. F.; ALVAREZ-MATEOS, P. Determination of pectin content in orange peels by near infrared hyperspectral imaging. **Food Chemistry**. v. 323, p. 1-9, 2020.

[3] BILRAHEEM, S.; SRINUANPAN, S.; CHEIRSILP, B.; UPAICHIT, A.; KAWAI, F.; THUMARAT, U. Optimization of pectin extraction from melon peel as a new source of pectin and pectin hydrolysate with prebiotic potential. **Foods**. v. 13, p. 1-13, 2024.

[4] CHIRIMINNA, R.; FIDALGO, A.; SCURRIA, A.; ILHARCO, L. M.; PAGLIARO, M. Pectin: New science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid. **Food Hydrocolloids**. v. 127, p. 1-8, 2022.

[5] DELFOS, L.; SEPEHRI, H. Apple pectin: A natural source for cancer suppression in 4T1 breast cancer cells *in vitro* and express p53 in mouse bearing 4T1 cancer tumors, *in vivo*. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 84, p. 637-644, 2016.

[6] DOMINIAK, M.; SONDERGAARD, K. M.; WICHMANN, J.; VIDAL-MELGOSA, S.; WILLATS, W. G. T.; MEYER, A. S.; MIKKELSEN, J. D. Application of enzymes for efficient extraction, modification, and development of functional properties of lime pectin. **Food Hydrocolloids**. v. 40, p. 273-282, 2015.

[7] Emergen Research. **Tamanho do mercado de pectina**. Disponível em: https://www.emergenresearch.com/industry-report/pectin-market. Acesso em: 01 out. 2024.

[8] FIHRY, N. E.; MABROUK, K. E.; SCHOLS, H. A.; HAJJAJ, H. Physicochemical, structural, and functional characterization of pectin extracted from quince and pomegranate peel: A comparative study. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 256, p. 1-16, 2024.

[9] FREITAS, C. M. P.; COSTA, A. R.; RODRIGUES, F. Á.; JÚNIOR, M. M. J.; DIAS, M. M.; SOUSA, R. C. S. Optimization of pectin extraction from passion fruit (*Passiflora edulis flavicarpa*) using the response surface method. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, p. 25609-25625, 2020.

[10] FROSI, I.; BALDUZZI, A.; MORETTO, G.; COLOMBO, R.; PAPETTI, A. Towards valorization of food-waste-derived pectin: Recent advances on their characterization and application. **Molecules**. v. 28, p. 1-22, 2023.

[11] FROSI, I.; BALDUZZI, A.; MORETTO, G.; COLOMBO, R.; PAPETTI, A. Towards valorization of food-waste-derived pectin: Recent advances on their characterization and application. **Molecules**. v. 28, p. 1-22, 2023.

[12] GANEVA, Z.; GORANOV, B.; BRAZKOVA, M.; BLAZHEVA, D.; BALDZHIEVA, R.; STEFANOVA, P.; SLAVOV, A.; DENKOVA-KOSTOVA, R.; BOZHKOV, S.; ANGELOVA, G. Agro-Industrial Residues as Cost-Effective and Sustainable Substrates for the Cultivation of *Epicoccum nigrum*, with Insights into Growth Kinetic Characteristics and Biological Activities. **Applied sciences**, v. 15, p. 1-20, 2025.

[13] GEMECHU, B.; KEYATA, E. O.; GELETA, T. E.; GEMEDE, H. F.; BAYATA, A. Optimization of mango peel pectin extraction (*Mangifera indica L.*): For the production of jam and jelly. **Applied Food Research**, v. 4, p. 1-10, 2024.

[14] GEORGIEV, Y.; OGNYANOV, M.; YANAKIEVA, I.; KUSSOVSKI, V.; KRATCHANOVA, M. Isolation, characterization and modification of citrus pectins. **Journal of BioSciences & Biotechnology**. v. 1, p. 223-233, 2013.

[15] GONZALLES-SERRANO, D.J.; BENMEBAREK, I. E.; HADIDI, M.; BECHTNER, J. D.; MARTINEZ, M. M.; CABAÑAS, B.; MORENO, A. Optimization of microwave-assisted hydrothermal extraction of homogalacturonan-rich, low methoxyl pectin from discarded garlic peels: Comparative macromolecular and functional analysis with conventional extraction. **Food Hydrocolloids**, v. 166, p. 111324, 2025.

[16] JEEVITHA, G. C. R. Microwave and ultrasound-assisted natural deep eutectic solvents-based extraction of pectin from onion peel wastes. **CyTA – Journal of Food**, v. 22, p. 1-10, 2024.

[17] JONG, S. H.; ABDULLAH, N.; MUHAMMAD, N. Effect of acid type and concentration on the yield, purity, and esterification degree of pectin extracted from durian rinds. **Results in Engineering**, v. 17, p. 1-13, 2023.

[18] LARA-ESPINOZA, C. L.; CARVAJAL-MILLÁN, E.; BALANDRÁN-QUINTANA, R.; LÓPEZ-FRANCO, Y.; RASCÓN-CHU, A. Pectin and pectin-based composite Materials: beyond food texture. **Molecules**, v. 23, p. 1-35, 2018.

[19] LIU, Y.; CHEN, H.; CHEN, S.; ZHANG, Y.; ZHANG, J.; ZHU, X.; LI, W.; LIU, J.; JIANG, Y.; LI, D. Pectin-rich dragon fruit peel extracts: An environmentally friendly emulsifier of natural origin. **Food Chemistry**, v. 429, p. 1-10, 2023.

[20] MA, X.; CHENG, X.; DU, Y.; TANG, P.; CHEN, L.; CHEN, W.; ZHENG, Z. Pectins rich in RG-I extracted from watermelon peel: physicochemical, structural, emulsifying, and antioxidant properties. **Foods**. v. 13, p. 1-15, 2020.

[21] MARIC, M.; GRASSINO, A. N.; ZHU, Z.; BARBA, F. J.; BRNCIC, M.; BRNCIC, S. R. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products:

Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 28-37, 2018.

[22] MARKETS AND MARKETS. **Mercado de pectina**. Disponível em: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pectin-market-139129149.html. Acesso em: 01 out. 2025.

[23] NGUYEN, T. T. T.; HO, H. T.; HOANG, D. Q.; NGUYEN, Q. A. P.; TRAN, T. V. Novel films of pectin extracted from ambarella fruit peel and jackfruit seed slimy sheath: Effect of ionic crosslinking on the properties of pectin film. **Carbohydrate Polymers**, v. 334, p. 1-13, 2024.

[24] OZTURK, T.; OZBEK, H. N.; YANIK, D. K. Environmentally friendly approach to pectin extraction from grapefruit peel: Microwave-assisted high-pressure CO_2/H_2O. **Foods**, v. 13, p. 1-15, 2024.

[25] PICOT-ALLAIN, M. C. N.; RAMASAWMY, B.; EMMAMBUX, M. N. Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: A Review. **Food Reviews International**. v, 38, p. 282-312, 2022.

[26] QIN, C.; YANG, G.; ZHU, C.; WEI, M. Characterization of edible film fabricated with HG-type hawthorn pectin gained using different extraction methods. **Carbohydrate Polymers**. v. 285, p. 119270, 2022.

[27] RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S. Jabuticaba (*Plinia* spp.) Peel as a source of pectin: characterization and effect of different extraction methods. **Foods**. v. 12, p. 1-16, 2023.

[28] RODRIGUES, T. J. A.; ANDRADE, F. S.; SILVA, L. R.; SANTOS, N. C.; ROCHA, N. S.; DIAS, J. T. M.; ARAÚJO, G. T.; ROCHA, A. P. T. Optimized extraction of pectin from cassava root cortex: evaluating aqueous and acidic methods. **Journal of Food Measurement and Characterization**. v. 19, p. 49-63, 2025.

[29] RODRÍGUEZ-FÉLIX, F.; CORTE-TARAZÓN, J. A.; ROCHÍN-WONG, S.; FERNÁNDEZ-QUIROZ, J. D.; GARZÓN-GARCÍA, A. M.; SANTOS-SAUCEDA, I.; PLASCENCIA-MARTÍNEZ, D. F.; CHAN-CHAN, L. H.; VÁSQUEZ-LÓPEZ, C.; BARRERAS-URBINA, C. G.; OLGUIN-MORENO, A.; TAPIA-HERNÁNDEZ, J. A. Physicochemical, structural, mechanical and antioxidant properties of zein films incorporated with no-ultrafiltered and ultrafiltered betalains extract from the beetroot (*Beta vulgaris*) bagasse with potential application as active food packaging. **Journal of Food Engineering**, v. 334, p. 1-12, 2022.

[30] SILVEIRA, B. C.; SILVA PLATNER, F.; ROSA, L. B.; SILVA, M. L. C.; SILVA, K. S.; OLIVEIRA, N. M. T.; MOFFA, E. B.; SILVA, K. F.; LIMA-NETO, L. G.; MARIA-FERREIRA, D.; CORDEIRO, L. M. C.; GOIS, M. B.; FERNANDES, E. S. Oral treatment with the pectin fibre obtained from yellow passion fruit peelsworsens sepsis outcome in mice by affecting the intestinal barrier. **Pharmaceuticals**. v. 17, p. 1-14, 2024.

[31] SUN, R.; NIU, Y.; LI, M. Emerging trends in pectin functional processing and its fortification for synbiotics: A review. **Trends in Food Sciences & Technology**. v. 134, p. 80-97, 2023.

[32] TRIPATHI, M.; DIWAN, D.; SHUKLA, A. C.; GAFFEY, J.; PATHAK, N.; DASHORA, K.; PANDEY, A.; SHARMA, M.; GULERIA, S.; VARJANI, S. Valorization of dragon fruit waste to value-added bioproducts and formulations: A review. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 44, p. 1-19, 2023.

[33] VALDÉS, A.; BURGOS, N.; JIMÉNEZ, A.; GARRIGÓS, M. C. Natural pectin polysaccharides as edible coatings. **Coatings**, v. 5, p. 865-886, 2015.

[34] WANG, W.; CHEN, W.; ZOU, M.; LV, R.; WANG, D.; HOU, F.; FENG, H.; MA, X.; ZHONG, J.; DING, T.; YE, X.; LIU, D. Applications of power ultrasound in oriented modification and degradation of pectin: A review. **Journal of Food Engineering**. v. 234, p. 98-107, 2018.

[35] WANG, W.; CHEN, W.; ZOU, M.; LV, R.; WANG, D.; HOU, F.; FENG, H.; MA, X.; ZHONG, J.; DING, T.; YE, X.; LIU, D. Applications of power ultrasound in oriented modification and degradation of pectin: A review. **Journal of Food Engineering**. v. 234, p. 98-107, 2018.

[36] WATHONI, N.; YUAN, C.; YI, W.; ROSTINAWATI, T.; INDRADI, R. B.; PRATIWI, R.; MUCHTARIDI. Characterization and antioxidant activity of pectin from Indonesian mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind. **Heliyon**, v. 5, p. 1-14, 2019.

[37] WONGKAEW, M.; CHAIMONGKOL, P.; LEKSAWASDI, N.; JANTANASAKULWONG, K.; RACHTANAPUN, P.; SEESURIYACHAN, P.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; CHAIYASO, T.; RUKSIRIWANICH, W.; JANTRAWUT, P.; SOMARO, S. R. Mango peel pectin: Recovery, functionality and sustainable uses. **Polymers**. v. 13, p. 1-16, 2021.

[38] XÁ, A. M.; ZHANG, H.; SHAHID, M.; GHAZAL, H.; XÁ, A. R.; NIAZ, M.; GHIMIRE, K.; GOSWAMI, N.; SHI, W.; XIA, D.; ZHAO, H. The vital roles of agricultural crop residues and agro-industrial by-products to support sustainable livestock productivity in subtropical regions. **Animals**, v. 15, p. 1-31, 2025.

[39] XIE, F.; GUB, B.; SAUNDERS, S. R.; GANJYAL, G. M. High methoxyl pectin enhances the expansion characteristics of the cornstarch relative to the low methoxyl pectin. **Food Hydrocolloids,** v.110, p. 106131, 2021.

[40] XU, X.; WANG, Y.; ZHAO, X.; YUAN, Z. Uncovering the expansin gene family in pomegranate (*Punica granatum* L.): Genomic identification and expression analysis. **Horticulturae**. v. 9, p. 1-16, 2023.

[41] YU, Y. Y.; YANG, Y.; JI, H.; ZHOU, H.; CHEN, S. Y.; QIU, Y.; CHEN, H. Differences in physicochemical properties of pectin extracted from pomelo peel with diferente extraction techniques. **Scientific reports**, v. 14, p. 1-10, 2024.

Capítulo 3

Valorização de cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro: uma revisão sistemática sobre compostos bioativos e potenciais aplicações funcionais

Juvêncio Olegário de Oliveira Neto
Luan Icaro Freitas Pinto
Pahlevi Augusto de Souza
Michael Marcos de Aquino Gomes
Mailson Gonçalves Gregório
Matheus Felipe de Aquino Gomes
Juanne Queiroz Farias
Irlan Victor de Sousa Palmeira
Anna Thaís Correia Barreto
Tereza Cristina David Dantas

Resumo: O aproveitamento de resíduos agroindustriais, como cascas e sementes de frutas tropicais, representa uma estratégia sustentável e promissora para o desenvolvimento de ingredientes funcionais e produtos de alto valor agregado. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre a composição química, compostos bioativos, propriedades funcionais e potenciais aplicações tecnológicas de cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro. As buscas foram conduzidas nas bases *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect*, SciELO e *Google Scholar*, considerando publicações entre 2020 e 2025. Foram selecionados 17 artigos conforme o protocolo PRISMA 2020. As espécies mais estudadas foram *Spondias tuberosa* (umbu), *Spondias purpurea* (seriguela), *Passiflora edulis* (maracujá), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Morinda citrifolia* (noni) e *Malpighia emarginata* (acerola). As cascas e sementes apresentaram elevados teores de compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e ácidos graxos insaturados, associados a significativas atividades antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória. As técnicas de extração mais eficientes envolveram solventes hidroetanólicos e métodos assistidos por ultrassom. De modo geral, os resultados evidenciam o potencial funcional e tecnológico desses subprodutos como fontes naturais de bioativos e ingredientes para formulações alimentícias sustentáveis, contribuindo para a valorização da biodiversidade regional e fortalecimento da bioeconomia no semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Frutas tropicais, Compostos bioativos, Resíduos agroindustriais, Antioxidantes naturais, Sustentabilidade, Caatinga, Bioeconomia.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do desperdício de resíduos agroindustriais, especialmente os provenientes do processamento de frutas tropicais, constitui um dos principais desafios ambientais e econômicos da atualidade. A cadeia produtiva de frutas, amplamente consolidada nas regiões tropicais do Brasil, gera grandes volumes de subprodutos, como cascas, sementes e bagaços, que, em sua maioria, são descartados de forma inadequada, contribuindo para a poluição ambiental e o aumento da carga orgânica nos resíduos sólidos. Esse cenário decorre, em parte, da ausência de políticas eficazes e do limitado aproveitamento industrial desses materiais, apesar de seu reconhecido potencial nutricional e funcional, uma vez que são ricos em compostos bioativos, fibras e pigmentos naturais. Nesse contexto, a recuperação e o reaproveitamento desses resíduos despontam como estratégias promissoras para o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado, aliando sustentabilidade, redução de custos e inovação na indústria de alimentos (Pereira; Firmo; Coutinho, 2022).

Entre os subprodutos gerados no processamento de frutas e hortaliças, as cascas e sementes se destacam por apresentarem elevado potencial de reaproveitamento, devido à abundância de nutrientes e compostos bioativos. Tradicionalmente consideradas partes descartáveis, essas frações concentram macro e micronutrientes, como fibras alimentares, proteínas e lipídios, além de compostos fenólicos, carotenoides, antocianinas e substâncias organossulfuradas, que conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Assim, seu aproveitamento representa uma alternativa eficiente para agregar valor aos resíduos agroindustriais, reduzir impactos ambientais e impulsionar práticas sustentáveis no setor alimentício. O crescente interesse científico e industrial pela utilização de cascas e sementes como fontes de ingredientes funcionais reforça seu potencial na formulação de alimentos mais nutritivos e sustentáveis (Leal et al., 2025).

A região Nordeste do Brasil se destaca pela ampla diversidade de frutas tropicais e nativas, muitas ainda pouco exploradas cientificamente, mas de grande potencial nutricional e funcional. O bioma Caatinga, característico da região, abriga uma expressiva variedade de espécies vegetais adaptadas às condições semiáridas, tradicionalmente utilizadas pela população local para fins alimentares e medicinais. Apesar do ambiente árido, o bioma apresenta biodiversidade singular, composta por frutos como umbu, maracujá-do-mato, licuri, cajá, mandacaru e xique-xique, ricos em compostos bioativos de elevado valor agregado, presentes não apenas na polpa, mas também em cascas e sementes. A valorização desses recursos endêmicos representa uma oportunidade para fortalecer a bioeconomia regional, promovendo inovação, sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico (Camacam; Messias, 2022).

O aproveitamento dos resíduos oriundos do processamento de frutas tropicais, como manga, acerola, caju e maracujá, assume relevância científica, ambiental e econômica, sobretudo diante da crescente demanda por soluções sustentáveis no setor alimentício. O processamento dessas frutas pode gerar até 40% de resíduos agroindustriais, frequentemente descartados, mesmo contendo altos teores de vitaminas C e E, fibras, carotenoides e compostos fenólicos de reconhecida importância fisiológica. A recuperação desses subprodutos contribui para a redução dos impactos ambientais e do volume de rejeitos orgânicos, ao mesmo tempo em que possibilita o desenvolvimento de novos produtos com valor nutricional e funcional agregado. Do ponto de vista econômico, a utilização integral da matéria-prima aumenta a rentabilidade das cadeias produtivas e

estimula o avanço tecnológico regional, reforçando o papel da bioeconomia como eixo estratégico de inovação sustentável no país (Lazzari et al., 2021).

Diante desse cenário, torna-se essencial reunir e analisar criticamente as informações disponíveis sobre o aproveitamento de cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro, considerando o crescente interesse na utilização de subprodutos vegetais como fontes alternativas de compostos bioativos e ingredientes funcionais. A escassez de revisões que integrem aspectos químicos, funcionais e tecnológicos desses resíduos justifica a elaboração deste estudo, que visa consolidar o conhecimento existente e direcionar novas estratégias de valorização sustentável. Assim, o objetivo desta revisão é sintetizar as evidências científicas sobre o potencial funcional e tecnológico das cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro, destacando suas aplicações na indústria de alimentos e suas contribuições para a inovação e sustentabilidade do setor agroindustrial.

2. METODOLOGIA

Para a realização desta revisão sistemática, foram conduzidas buscas nas principais bases de dados científicas, incluindo Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO e Google Scholar. As buscas foram realizadas entre os meses de agosto e setembro de 2025, utilizando palavras-chave em inglês, a fim de ampliar o alcance da pesquisa e abranger publicações internacionais relevantes.

As palavras-chave e combinações booleanas utilizadas foram: “fruit by-products” AND “tropical fruits” AND “bioactive compounds” AND “functional ingredients” AND “nordeste” AND “Brazil” AND (“peel” OR “seed”), bem como suas correspondentes em português, para ampliar a cobertura dos resultados.

O período de publicação considerado compreendeu os anos de 2020 a 2025, visando reunir estudos recentes e alinhados com o avanço das pesquisas sobre aproveitamento de resíduos agroindustriais e compostos bioativos de frutas tropicais brasileiras.

Os critérios de inclusão adotados foram:

i. artigos revisados por pares e disponíveis integralmente nas bases de dados consultadas;

ii. publicações em português ou inglês;

iii. estudos que abordassem cascas e/ou sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro, destacando sua composição química, potencial funcional, antioxidante ou tecnológico; e

iv. trabalhos com dados experimentais ou revisões sistemáticas com metodologia claramente descrita.

Os critérios de exclusão envolveram:

i. artigos duplicados entre as bases de dados;

ii. publicações que abordassem apenas a polpa ou partes não correspondentes às cascas e sementes;

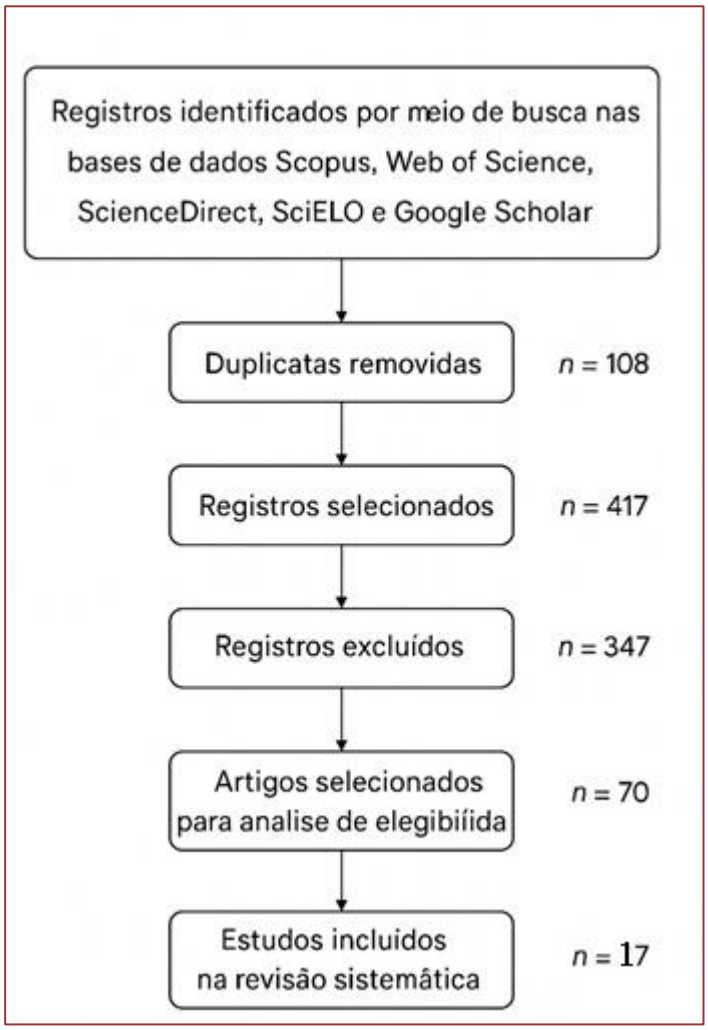
iii. estudos sem dados experimentais ou que não apresentassem relação direta com o contexto do Nordeste brasileiro; e

iv. revisões narrativas ou resumos de eventos sem rigor metodológico.

O processo de seleção seguiu as etapas do protocolo PRISMA 2020, compreendendo: (1) identificação dos registros nas bases de dados; (2) remoção de duplicatas; (3) triagem por título e resumo; (4) leitura integral para confirmação da elegibilidade; e (5) inclusão final dos estudos. Após a aplicação dos critérios, foram selecionados 17 artigos para compor a presente revisão, que contemplam diferentes espécies de frutas tropicais, métodos de extração e compostos bioativos de interesse.

O Fluxograma da Figura 1 apresenta o processo de triagem e seleção dos estudos conforme as etapas do protocolo PRISMA.

Figura 1 – Fluxograma de triagem e seleção das publicações



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FRUTAS TROPICAIS ESTUDADAS

As pesquisas analisadas abrangem espécies nativas e adaptadas ao bioma Caatinga e demais ecossistemas do Nordeste brasileiro, destacando a ampla diversidade de matrizes

vegetais com potencial funcional e tecnológico. As frutas mais investigadas foram umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), seriguela (*Spondias purpurea* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), mandacaru (*Cereus jamacaru* D.C.), pitomba (*Talisia esculenta* Radlk.), acerola (*Malpighia emarginata* DC), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), jamelão (*Syzygium cumini* L.), noni (*Morinda citrifolia* L.), tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.), bacupari (*Garcinia gardneriana*) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

A Tabela 1 resume as principais frutas tropicais avaliadas, a parte do fruto utilizada, o bioma de ocorrência e as respectivas referências.

Tabela 1 – Frutas tropicais estudadas, parte analisada, origem e referências

Espécie (Nome científico)	Parte analisada	Origem/Bioma	Principais referências
Spondias tuberosa (umbu)	Casca, polpa, semente	Caatinga, Nordeste	Cangussu et al. (2021); Oliveira et al. (2025)
Spondias purpurea (seriguela)	Casca, polpa, semente	Semiárido nordestino	Barbosa et al. (2025)
Passiflora edulis (maracujá)	Sementes, cascas	Nordeste	Santos et al. (2023); Lima et al. (2025)
Cereus jamacaru (mandacaru)	Polpa e casca	Caatinga	Soares et al. (2021)
Hymenaea courbaril (jatobá)	Casca e semente	Nordeste e Amazônia de transição	Scaramussa et al. (2022)
Talisia esculenta (pitomba)	Polpa e casca	Nordeste	Fraga et al. (2020)
Syzygium cumini (jamelão)	Polpa e casca	Nordeste e Sudeste	Xavier et al. (2022)
Malpighia emarginata (acerola)	Polpa e resíduos	Nordeste	Vilvert et al. (2024)
Astrocaryum vulgare (tucumã)	Polpa e semente	Norte e Nordeste	Sousa et al. (2025); Gualberto et al. (2025)
Garcinia gardneriana (bacupari)	Polpa e semente	Nordeste	Gualberto et al. (2025)
Bactris gasipaes (pupunha)	Polpa e semente	Norte/Nordeste	Gualberto et al. (2025)
Eugenia brasiliensis (grumixama)	Integral	Sul/Nordeste	Tischer et al. (2023)
Myrcianthes pungens (guabiju)	Integral	Sul/Nordeste	Tischer et al. (2023)

As espécies da família *Anacardiaceae* (como umbu e seriguela) e *Myrtaceae* (como jamelão e pitanga) predominam entre os estudos devido ao seu alto teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (Soares et al., 2024). Observa-se que as cascas e sementes, geralmente descartadas no processamento industrial, representam as frações mais ricas em fitoquímicos e fibras alimentares, evidenciando seu potencial para a bioeconomia circular e o aproveitamento integral dos frutos.

3.2. COMPOSTOS BIOATIVOS PREDOMINANTES

Os estudos revisados revelaram que os principais compostos bioativos presentes nas cascas e sementes de frutas nordestinas pertencem às classes dos polifenóis, flavonoides, taninos, antocianinas, carotenoides, tocoferóis, ácidos graxos e fibras alimentares. Os

polifenóis e flavonoides destacaram-se pela alta correlação com a atividade antioxidante e propriedades anti-inflamatórias.

A Tabela 2 sintetiza os teores médios relatados para os compostos bioativos em diferentes partes das frutas analisadas.

Tabela 2 – Compostos bioativos predominantes em cascas e sementes de frutas tropicais do Nordeste brasileiro

Espécie	Parte	Compostos principais	Teores médios relatados	Referência
Spondias tuberosa (umbu)	Casca/polpa	Trigonelina; compostos fenólicos totais; taninos condensados	1,75–6,14 mg/100 g; 1500–2100 mg GAE/100 g; 400–800 mg CE/100 g	Cangussu et al. (2021)
Spondias purpurea (seriguela)	Semente	Compostos fenólicos totais; flavonoides; capacidade antioxidante (ORAC)	9760,94 mg GAE/100 g DW; 1760,22 mg QE/100 g DW; 63,48 mmol TE/g	Barbosa et al. (2025)
Passiflora edulis	Semente	Flavonoides, ácidos fenólicos e estilbenos	SPF: 11,68–18,22	Santos et al. (2023)
Cereus jamacaru	Casca	Compostos fenólicos totais; fibra alimentar insolúvel	Fenólicos 36× maiores que na polpa; fibra insolúvel 89%	Soares et al. (2021)
Hymenaea courbaril	Casca/semente	Compostos fenólicos totais; efeito antioxidante e antimicrobiano sinérgico	5135,61 mg GAE/100 g	Scaramussa et al. (2022)
Syzygium cumini	Casca	Compostos fenólicos e antocianinas	Teores 10× superiores aos da polpa	Xavier et al. (2022)
Morinda citrifolia	Polpa liofilizada	Compostos fenólicos totais; flavonoides; capacidade antioxidante (FRAP)	7486,38 µg GAE/g; 385,57 µg QE/g; até 467.970,4 mmol/100 g	Fontes et al. (2023)
Astrocaryum vulgare	Semente	Lipídios; ácidos graxos (oleico e palmítico)	Lipídios: 19,35 g/100 g; ácido oleico 58,5%; ácido palmítico 30,6%	Gualberto et al. (2025)
Malpighia emarginata	Polpa/resíduo	Antocianinas, flavan-3-óis e outros compostos fenólicos (76 identificados)	—	Vilvert et al. (2024)
Talisia esculenta	Casca/polpa	Ácido ascórbico, ácido shiquímico e outros compostos bioativos (19 identificados)	DPPH: 54,21–81,41%	Fraga et al. (2020)
Cactaceae spp. (Caatinga)	Casca/polpa	Ácidos benzoicos, catequina, miricetina, quercetina	—	Vieira et al. (2022)

De forma geral, os maiores teores de fenólicos e flavonoides foram observados nas sementes e cascas, com destaque para seriguela e jatobá, enquanto os carotenoides e vitamina C predominaram nas polpas de frutas como acerola, tucumã e bacupari (Sousa et al., 2025; Vilvert et al., 2024). O perfil fenólico inclui compostos como catequina, epicatequina, rutina, ácido gálico, ácido clorogênico, miricetina e quercetina,

reconhecidos pela capacidade de neutralizar radicais livres e prevenir a oxidação lipídica em alimentos (Soares et al., 2024; Oliveira et al., 2025).

Os carotenoides foram detectados em níveis expressivos em cascas de seriguela (β-caroteno 477,03 mg/g DW) e em polpas de tucumã e pupunha (2,55 a 3,47 mg/100 g), evidenciando seu potencial como pigmentos naturais e fontes de pró-vitamina A (Barbosa et al., 2025; Gualberto et al., 2025).

Além disso, a presença de ácidos graxos insaturados, como oleico e linoleico, e compostos fenólicos complexos nas sementes de maracujá e tucumã sugere uso promissor como ingredientes nutracêuticos e antioxidantes naturais (Santos et al., 2023; Gualberto et al., 2025).

3.3. TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

Os métodos de extração e análise dos compostos bioativos variaram entre técnicas convencionais (maceração, Soxhlet, extração por solvente) e rotas verdes (ultrassom, micro-ondas, fluidos supercríticos, solventes eutéticos).

A extração assistida por ultrassom (UAE) destacou-se por elevar o rendimento e reduzir o tempo de processo. Em sementes de maracujá, a UAE a 45 °C e 15 min apresentou maior atividade antioxidante e rendimento que a maceração dinâmica (Santos et al., 2023). Em contraste, a liofilização mostrou-se essencial para preservar compostos termo sensíveis, como observado em noni, em que o teor de fenólicos e a atividade FRAP foram superiores após secagem a frio (Fontes et al., 2023).

A tabela 3 sintetiza as principais técnicas e condições experimentais.

Tabela 3 – Técnicas de extração e quantificação de compostos bioativos

Espécie	Método utilizado	Solvente/Condições	Principais compostos recuperados	Referência
Passiflora edulis	UAE (15 min/45 °C)	Etanol:água (80:20 v/v)	Fenólicos, flavonoides e stilbenos	Santos et al. (2023)
Spondias purpurea	Extração convencional	Etanol 70%; HPLC-DAD	Catequina, EGCG, ácidos cítrico e fumárico	Barbosa et al. (2025)
Morinda citrifolia	Liofilização + LC-MS	Água/Metanol	Rutin, quercetina, kaempferol	Fontes et al. (2023)
Hymenaea courbaril	Maceração hidroalcoólica (80%)	Etanol 70–80%	Ácidos fenólicos e flavonoides	Scaramussa et al. (2022)
Cereus jamacaru	Extração etanólica simples	Etanol absoluto	Compostos fenólicos totais	Soares et al. (2021)
Malpighia emarginata	HPLC	Metanol	Flavan-3-óis, antocianinas	Vilvert et al. (2024)

Esses resultados reforçam que o tipo de solvente e o tratamento térmico são determinantes na extração e estabilidade dos fitoquímicos. Solventes hidroetanólicos (50–80%) foram os mais eficazes na extração de fenólicos totais, enquanto o aquecimento

acima de 70 °C reduziu o teor de flavonoides e antocianinas (Lima et al., 2025). Em contrapartida, o aumento da temperatura pode intensificar a liberação de compostos ligados à matriz fibrosa, como taninos e ligninas.

3.4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS E BIOLÓGICAS

Os compostos bioativos identificados nas cascas e sementes das frutas tropicais nordestinas demonstram amplo espectro de atividades biológicas, incluindo ações antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, hipolipemiante, antitumoral e fotoprotetora.

Entre os estudos avaliados, a atividade antioxidante foi a mais investigada, avaliada por métodos como DPPH, ABTS, FRAP e ORAC. Sementes de seriguela apresentaram atividade ORAC de 63,48 mmol TE/g e DPPH de 361,34 mmol TE/g, valores superiores aos de polpas de frutas comerciais como manga e goiaba (Barbosa et al., 2025). Aasca de umbu apresentou bioacessibilidade fenólica de até 37,7%, com preservação parcial após digestão simulada (Cangussu et al., 2021).

Os extratos de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) mostraram inibição de até 95% de radicais DPPH e redução da concentração inibitória mínima (CIM) de antimicrobianos quando combinados os extratos de casca e semente (Scaramussa et al., 2022). De modo semelhante, os extratos metanólicos de grumixama e guabiju apresentaram inibição de 95% do DPPH e 80% do NO, além de redução significativa da produção de IL-6 em culturas celulares, confirmando o potencial anti-inflamatório (Tischer et al., 2023).

A Tabela 4 apresenta uma síntese comparativa das principais propriedades biológicas descritas nos estudos.

Tabela 4 – Propriedades biológicas de compostos bioativos de cascas e sementes de frutas tropicais

Espécie	Parte	Atividade observada	Resultados principais	Referência
Spondias tuberosa	Casca/polpa	Antioxidante	Bioacessibilidade 15,7–37,7% para fenólicos; 39% para flavonoides	Cangussu et al. (2021)
Spondias purpurea	Semente	Antioxidante	ORAC 63,48 mmol TE/g; DPPH 361,34 mmol TE/g	Barbosa et al. (2025)
Hymenaea courbaril	Casca/semente	Antioxidante e antimicrobiana	Inibição de *Bacillus cereus* e *Pseudomonas aeruginosa*; sinergismo de extratos	Scaramussa et al. (2022)
Syzygium cumini	Casca	Antioxidante	Fenólicos e antocianinas 10× maiores que a polpa; alto potencial redutor	Xavier et al. (2022)
Malpighia emarginata	Polpa/resíduo	Antioxidante e anti-hiperglicêmica	Compostos com ação hepatoprotetora e hipolipemiante	Vilvert et al. (2024)
Talisia esculenta	Casca/polpa	Antioxidante e citoprotetora	DPPH 81,4%; ausência de citotoxicidade celular	Fraga et al. (2020)
Astrocaryum vulgare	Semente	Antioxidante e hipolipemiante	Alto teor de ácidos graxos insaturados e vitamina C (108 mg/100 g)	Sousa et al. (2025)

De forma geral, observa-se que a atividade antioxidante está diretamente associada ao teor de fenólicos totais e flavonoides, sendo as sementes e cascas as frações mais ativas (Barbosa et al., 2025; Soares et al., 2021). Compostos como catequina, rutina, ácido clorogênico e miricetina são reconhecidos por atuar na neutralização de espécies reativas de oxigênio e inibição de lipoperoxidação (Vilvert et al., 2024).

Além disso, diversos estudos apontam potenciais aplicações anti-inflamatórias e antimicrobianas, especialmente em extratos hidroalcoólicos, cuja composição favorece a extração de compostos fenólicos com ação bacteriostática (Scaramussa et al., 2022; Tischer et al., 2023).

A atividade hipolipemiante observada em polpas de acerola e sementes de tucumã relaciona-se à presença de ácidos graxos monoinsaturados (oleico, linoleico), capazes de modular o metabolismo lipídico e reduzir a oxidação de LDL (Gualberto et al., 2025).

Esses resultados reforçam que os resíduos agroindustriais de frutas tropicais, quando adequadamente processados, podem atuar como fontes de ingredientes funcionais com benefícios à saúde e aplicações na formulação de alimentos com apelo nutracêutico.

3.5. DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar dos avanços demonstrados, a consolidação da valorização de cascas e sementes de frutas tropicais nordestinas enfrenta desafios científicos e tecnológicos. Um dos principais gargalos está na padronização dos métodos de extração e quantificação dos compostos bioativos, visto que diferentes solventes, temperaturas e tempos de processamento produzem resultados heterogêneos (Santos et al., 2023; Barbosa et al., 2025).

Outro desafio refere-se à estabilidade dos compostos fenólicos e carotenoides durante o armazenamento e processamento térmico, especialmente em matrizes complexas, exigindo estratégias de encapsulamento e proteção microestrutural (Vilvert et al., 2024).

Do ponto de vista regulatório, há necessidade de avanços na legislação brasileira sobre ingredientes funcionais e alimentos enriquecidos com extratos vegetais, para garantir segurança, rotulagem e respaldo científico.

4. CONCLUSÃO

A análise integrada dos artigos evidencia que as cascas e sementes de frutas tropicais nordestinas representam fontes ricas e diversificadas de compostos bioativos. As espécies *Spondias tuberosa, Spondias purpurea, Passiflora edulis, Cereus jamacaru* e *Hymenaea courbaril* se destacam pela elevada concentração de fenólicos, flavonoides e taninos, associada à forte atividade antioxidante e antimicrobiana.

O aproveitamento desses resíduos em farinhas, extratos e filmes biodegradáveis demonstra viabilidade tecnológica e relevância ambiental, consolidando-se como estratégia para a agregação de valor à biodiversidade nordestina e o fortalecimento da bioeconomia regional.

REFERÊNCIAS

[1] BARBOSA, P. F.; GUEDES, T. J. F. L.; RAJAN, M.; NOGUEIRA, J. P.; ANDRADE, J. K. S.; NARAIN, N.

Extraction of bioactive compounds and potential antioxidant activity of peel, pulp, and seeds of Seriguela (Spondias purpurea L.) fruit at different maturation stages. Applied Fruit Science, v. 67, art. 183, 2025. DOI: 10.1007/s10341-025-01392-w.

[2] CAMACAM, B. L. M.; MESSIAS, C. M. B. O. Potencial alimentar de frutas e plantas da Caatinga: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e12091132197, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.132197

[3] CANGUSSU, L. B.; FRONZA, P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. *Chemical characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from umbu (Spondias tuberosa A.) fruit peel and pulp flours. Foods*, v. 10, n. 11, p. 2597, 2021. DOI: 10.3390/foods10112597.

[4] FONTES, R. F. F.; ANDRADE, J. K. S.; RAJAN, M.; NARAIN, N. *Chemical characterization of different parts of noni (Morinda citrifolia) fruit and its freeze-dried pulp powder with emphasis on its bioactive compounds and antioxidant activities. Food Science and Technology (Campinas)*, v. 43, 2023. DOI: 10.1590/fst.103722.

[5] FRAGA, L. N.; OLIVEIRA, A. K. S.; ARAGÃO, B. P.; SOUZA, D. A.; SANTOS, E. W. P.; MELO, J. A.; SILVA, A. M. O.; WISNIEWSKI JUNIOR, A.; CORRÊA, C. B.; WARTHA, E. R. S. A.; BACCI, L.; CARVALHO, I. M. M. *Mass spectrometry characterization, antioxidant activity, and cytotoxicity of the peel and pulp extracts of pitomba. Food Chemistry*, v. 344, p. 127929, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127929.

[6] GUALBERTO, L. S.; IBIAPINA, A.; DIAS, B. B.; FREITAS, B. C. B.; MELO FILHO, A. A.; MORAIS, R. A.; MARTINS, G. A. S. *Investigation of the physicochemical, bioactive properties and antioxidant potential of seeds of native fruits from Brazil: a study on the tucumã (Astrocaryum vulgare), bacupari (Garcinia gardneriana) and pupunha (Bactris gasipaes). Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 97, n. 1, 2025. DOI: 10.1590/0001-3765202520240862.

[7] LAZZARI, A., BARBOSA, H. D., DA SILVA, I. C., DA SILVA, L. H. M., DADA, A. P., DE OLIVEIRA CESTÁRIO, A. C., & MACHADO FILHO, E. R. Potencial antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais: revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e29710313357, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13357

[8] LEAL, R. M. P.; ULIANA, D. S.; CRUZ, L. A. P.; AMARAL, A. P. R.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Utilização de subprodutos do processamento de frutas e hortaliças na elaboração de novos produtos: inovação e sustentabilidade. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 32, n. 00, e025004, 2025. DOI: https://doi.org/10.20396/san.v32i00.8677277

[9] LIMA, T. L, B.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, F. S.; FERREIRA, J. P. L.; PAIVA, Y. F.; SANTOS, N. C.; MADRUGA, M. S.; SANTOS, D. C.; GOMES, J. P.; CARVALHO, A. J. B. A.; LIMA, M. S. *Thermal processing as a key to valorizing yellow and sweet passion fruit peels: impact of temperature on nutritional attributes, bioactive retention, and antioxidant capacity. Waste and Biomass Valorization*, 2025. DOI: 10.1007/s12649-025-03226-y.

[10] OLIVEIRA, K. A. de; CALDAS, C. P.; SILVA, W. A. V.; DANTAS, T. S.; MACHADO, J. C. B.; FERREIRA, M. R. A.; SOARES, L. A. L. *Spondias tuberosa: a promising food species from the Caatinga biome—a comprehensive review of its chemistry, biological and nutritional potential, and applications. Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 35, p. 922–934, 2025. DOI: 10.1007/s43450-025-00686-0.

[11] PEREIRA, U. F. A.; FIRMO, W. C. A.; COUTINHO, D. F. A importância do reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia: o caso do processamento de frutas. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, e38111234089, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34089

[12] SANTOS, G. J. dos; DEFENDI, R. O.; DÜSMAN, E.; BIFFI, M. T.; BERTON, G. H.; TONIN, A. P. P.; MEURER, E. C.; SUZUKI, R. M.; SÍPOLI, C. C.; TONIN, L. T. D. *Valorization of wastes from the juice passion fruit production industry: extraction of bioactive compounds from seeds, antioxidant, photoprotective and antiproliferative activities. Waste and Biomass Valorization*, v. 14, p. 1233–1250, 2023. DOI: 10.1007/s12649-022-01937-0.

[13] SCARAMUSSA, S. A, S.; SOARES, L. A. de A.; AQUINO SANTANA, L. C. L. de. *Extracts from jatobá (Hymenaea courbaril L.) peel and seeds: antioxidant and antimicrobial activities and synergistic effect of extract combinations. Food Science and Technology International*, v. 30, n. 2, 2022 . DOI: 10.1177/10820132221136589.

[14] SOARES, L. M. N.; SILVA, G. M.; BURITI, F. C. A.; ALVES, H. S. *Cereus jamacaru D.C. (Mandacaru): a promising native Brazilian fruit as a source of nutrients and bioactives derived from its pulp and skin. Plant*

Foods for Human Nutrition, v. 76, p. 170–178, 2021. DOI: 10.1007/s11130-021-00885-9.

[15] SOARES, S. D.; LIMA, A. S.; SILVA, C. T. C.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. *Promising bioactive compounds and biological activities of native Brazilian berries from Myrtaceae and Arecaceae families. European Food Research and Technology*, v. 250, p. 2719–2743, 2024. DOI: 10.1007/s00217-024-04571-3.

[16] SOUSA, H. M. S.; LEAL, G. F.; GUALBERTO, L. S.; FREITAS, B. C. B.; GUARDA, P. M.; BORGES, S. V.; MORAIS, R. A.; MARTINS, G. A. S. *Exploration of the chemical characteristics and bioactive and antioxidant potential of tucumã (Astrocaryum vulgare), peach palm (Bactris gasipaes), and bacupari (Garcinia gardneriana) native Brazilian fruits. Biomass Conversion and Biorefinery*, v. 15, p. 3251–3264, 2025. DOI: 10.1007/s13399-023-05145-1.

[17] TISCHER, B.; PANGLIOLI, P.; NIETO-VELOZA, A.; REEDER, M.; DIA, V. P. *Bioactive compounds, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of native fruits from Brazil. PLoS ONE*, v. 18, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0285625.

[18] VIEIRA, É. A.; COÊLHO, J. G. S.; GRISI, C. V. B.; SANTOS, B. S.; SILVA JÚNIOR, J. C.; ALCÂNTARA, M. A.; MEIRELES, B. R. L. A.; SANTOS, N. A.; CORDEIRO, A. M. T. M. *Correlation and influence of antioxidant compounds of peels and pulps of different species of cacti from Brazilian Caatinga biome using principal component analysis. South African Journal of Botany*, v. 147, p. 66–75, 2022. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.02.005.

[19] VILVERT, J. C.; FREITAS, S. T. de; SANTOS, L. F. dos; RIBEIRO, T. S.; VELOSO, C. M. *Phenolic compounds in acerola fruit and by-products: an overview on identification, quantification, influencing factors, and biological properties. Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 18, p. 216–239, 2024. DOI: 1 10.1007/s11694-023-02175-1.

[20] XAVIER, L. F.; SOUSA, J. M.; LIMA, L. C.; RIBEIRO, D. S. *Physical-chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant activity of pulp and peel of the jamelão. Revista Ceres*, v. 69, n. 2, 2022. DOI: 10.1590/0034-737X202269020007.

Capítulo 4

Pão de abóbora e a sua inovação no combate contra o desperdício alimentar

Fabiane de Carvalho Sousa
Poliana dos Santos Bezerra
Franky Soedirlan Resosemito
Mario Cesar Soares Teixeira
Adrielle de Assunção Almeida
Luane Patricia Silva Pontes
Célia Diniz Garcia
Juliana Moraes Araujo

Resumo: A proposta desta pesquisa consistiu na elaboração e avaliar distintas formulações de pães de abóbora, utilizando o aproveitamento integral do fruto como uma estratégia voltada à diminuição do desperdício alimentar e à promoção de práticas mais sustentáveis. Foram desenvolvidas quatro versões distintas: uma com polpa, outra com casca, uma terceira com sementes e uma última com gotas de chocolate. As análises realizadas englobam os aspectos nutricionais e sensoriais das formulações, bem como o seu potencial de aceitação pelo público consumidor. Os resultados indicaram que a utilização integral da abóbora confere aos pães um perfil nutricional enriquecido, apresentando níveis mais elevados de proteínas, fibras e micronutrientes. Durante os testes sensoriais, todas as formulações foram bem recebidas pelos participantes, sendo que o pão com gotas de chocolate obteve a maior média geral, seguido pelo pão com casca. Conclui-se que o pão de abóbora, elaborado com a incorporação total das partes comestíveis da abóbora, representa uma alternativa viável, inovadora e sustentável para o enfrentamento do desperdício de alimentos, além de contribuir para a diversificação de produtos alimentícios mais nutritivos e funcionais.

Palavras-chave: Sustentabilidade alimentar, aproveitamento integral, análise sensorial.

1. INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos constitui um problema grave e crescente em escala global, acarretando impactos significativos em diversas esferas. Segundo Jörissen, Priefer e Bräutigam (2015), trata-se de uma questão de impacto global, cuja gravidade vem aumentando com o passar do temp. Estima-se que uma proporção dos alimentos produzidos globalmente não chegue ao consumo final, desde perdas durante o preparo e o serviço até sobras nos pratos dos consumidores, que acabam sendo descartadas (Ricarte *et al.,* 2021).

Tal panorama não representa apenas uma expressiva perda de recursos naturais — como água, energia e solo —, mas também provoca impactos ambientais severos, colaborando para a emissão de gases de efeito estufa e para a degradação de ecossistemas (Gustavsson; Cederberg; Sonesson, 2011). Diante desse cenário, é indispensável desenvolver estudos e propor soluções inovadoras que contribuam para minimizar o desperdício alimentar, promovendo uma utilização mais racional e sustentável dos recursos naturais e das matérias-primas (Girotto *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o pão de abóbora surgiu como uma possibilidade promissora no enfrentamento do desperdício de alimentos, já que a abóbora, frequentemente, durante a produção é subutilizada ou descartada, especialmente suas sementes e cascas, com alto conteúdo nutricional e podem ser transformadas em um produto alimentício saboroso e nutritivo, como o pão de abóbora (Lana e Tavares, 2010).

Assim, ao incorporar a abóbora em preparações como o pão, é possível não apenas valorizar um alimento altamente nutritivo, mas também reduzir significativamente o descarte de partes que usualmente seriam desprezadas (Batista *et al*., 2015). Desse modo, o presente trabalho realiza uma análise sobre como o desenvolvimento e a difusão do pão de abóbora não apenas colaboram com a sustentabilidade alimentar, mas também representam uma solução prática e inovadora para o desafio global do desperdício de alimentos.

Além disso, tem como objetivo geral avaliar a viabilidade do pão de abóbora como proposta inovadora para reduzir perdas alimentares, incentivando práticas sustentáveis e o aproveitamento de insumos subutilizados. A fim de trazer mais robustez de forma específica, pretende-se: (1) analisar o processo produtivo do pão de abóbora, com ênfase no uso de partes da abóbora que, tradicionalmente, são descartadas; investigar as características nutricionais da formulação com abóbora, comparando-a com produtos similares já disponíveis no mercado; (2) investigar a aceitação do pão de abóbora utilizando métodos sensoriais, buscando compreender a aceitação do público consumidor em relação à proposta e (3) propor estratégias que favoreçam a popularização do pão de abóbora como uma prática alimentar sustentável e acessível no enfrentamento do desperdício de alimentos

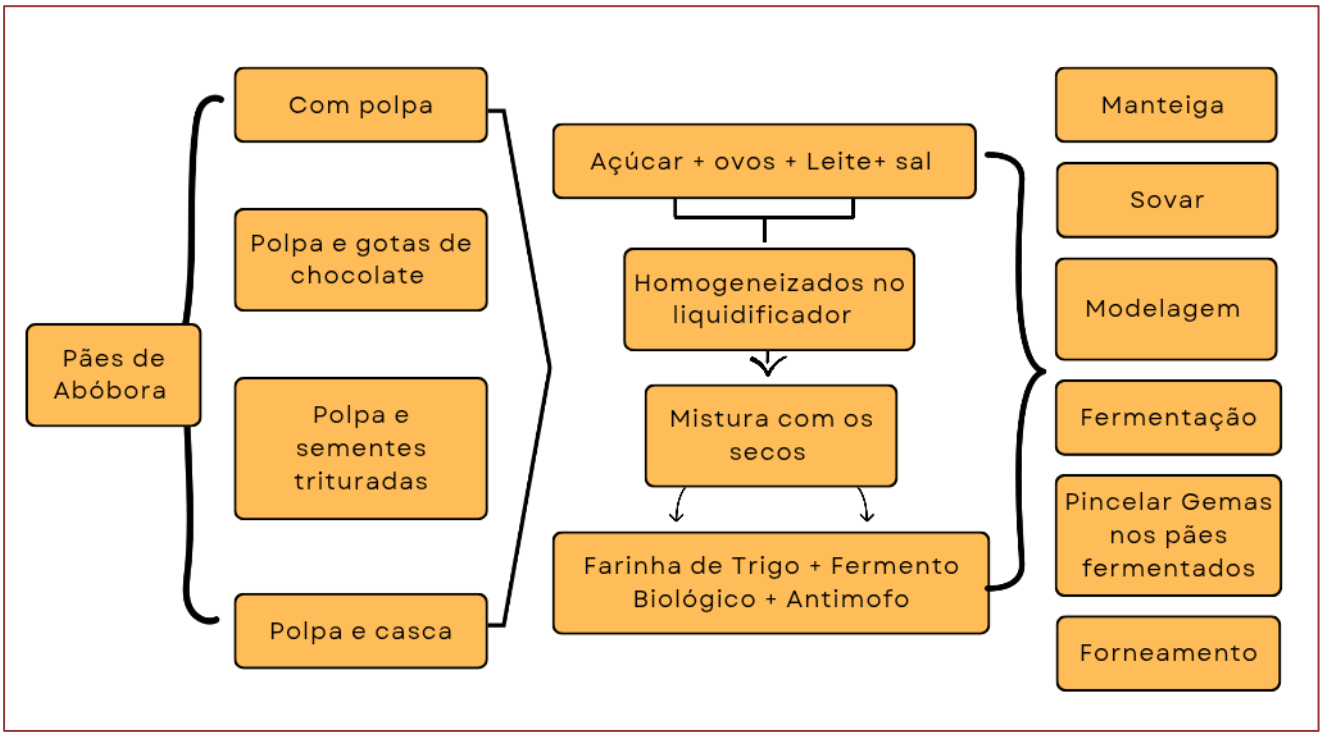
Ante o exposto, o presente visa responder à seguinte pergunta de pesquisa: Qual a importância do pão da abóbora e da sua inovação no combate contra o desperdício alimentar?

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As formulações dos pães de abóbora, com a utilização de diferentes partes da abóbora (Cucurbita spp.) para estimar a viabilidade do aproveitamento integral do vegetal foram elaboradas no laboratório de Panificação do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – Campus São Luís/Maracanã, em 6 de fevereiro de 2025, conforme apresentado na figura 1.

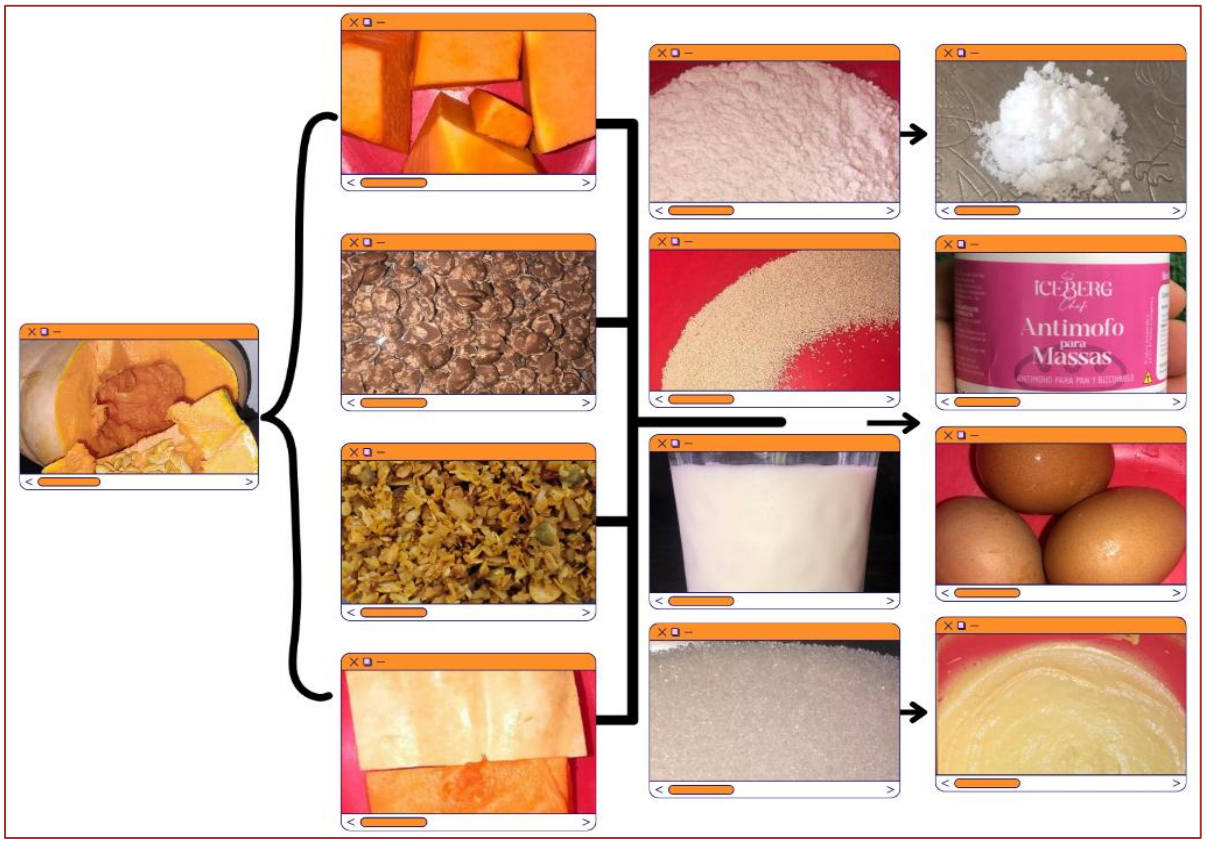
A fim de trazer mais robustez ao processo, todos os processos foram realizados com fluxogramas relacionados aos processos de início e fim, dando ao estudo mais fidedignidade e clareza quando à execução e à importância dos procedimentos adotados. Como pode ser visto nas figuras 2 e 3.

Figura 1 - Fluxograma do processo dos pães



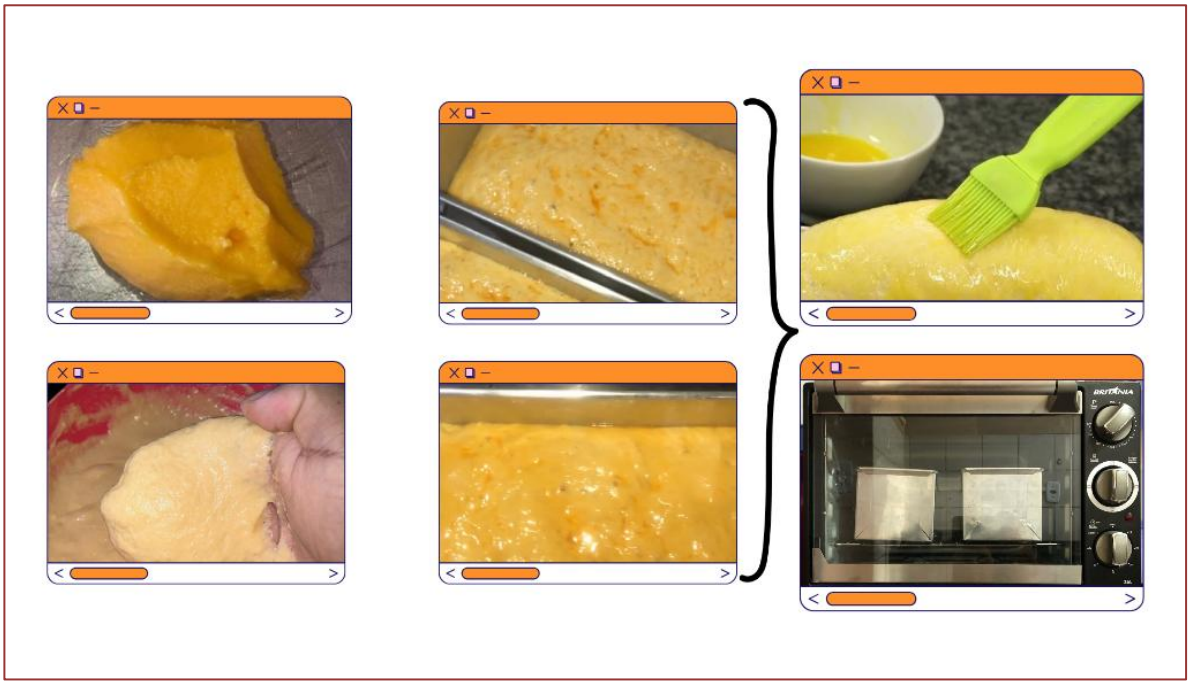
Fonte: A autora (2025).

Figura 2 - Fluxograma do processo inicial dos pães



Fonte: A autora (2025).

Figura 3 - Fluxograma do processo final dos pães



Fonte: A autora (2025).

As formulações dos pães de abóbora foram organizadas de maneira padronizada, garantindo a mesma base de ingredientes em todas as preparações, como farinha de trigo, manteiga, fermento biológico, sal, antimofo, ovos e leite, o que possibilitou comparar os diferentes tipos de pães de forma equilibrada, uma vez que apenas os elementos adicionais variam conforme a proposta de cada receita.

Dessa forma, é possível avaliar como a utilização de diferentes partes da abóbora, bem como a adição de ingredientes complementares, influencia na textura, sabor e características gerais do produto final, já que as variações incluíam o uso da polpa de abóbora em sua forma tradicional, a combinação da casca e polpa, a adição de sementes junto à polpa e a incorporação de gotas de chocolate com a polpa.

Salienta-se que cada versão buscou explorar diferentes possibilidades de aproveitamento do fruto, tanto no aspecto nutricional quanto sensorial, tendo em vista que a inclusão das sementes acrescenta crocância e valor nutritivo, o uso da casca contribui para o aproveitamento integral do alimento, alinhado a práticas de sustentabilidade que junto com a formulação de gotas de chocolate, atendeu ao público que preferia um produto mais adocicado e atrativo ao paladar.

A Tabela 1 mostra as diferenças e semelhanças entre as quatro formulações de pães de abóbora desenvolvidas, em que se pode observar que todos os pães compartilham os mesmos ingredientes básicos, como farinha de trigo, manteiga, fermento biológico, sal, antimofo, ovos e leite, mantendo a padronização da massa e do processo de fermentação. As variações entre as formulações estão relacionadas principalmente ao tipo de abóbora utilizada (polpa, polpa com casca), à adição de sementes ou à inclusão de gotas de chocolate, o que influencia diretamente o sabor, a textura e o valor nutricional do produto.

Tabela 1 – Diferenças e semelhanças entre as 4 formulações

Ingredientes	Pão com Polpa	Pão com Casca e Polpa	Pão com Sementes e Polpa	Pão com Gotas de Chocolate e Polpa	Diferenças/Observações
Abóbora (polpa)	200 g	—	200 g	200 g	Presente apenas nas fórmulas 1, 3 e 4
Abóbora com casca	—	200 g	—	—	Apenas na formulação 2; aproveitamento integral do fruto
Sementes de abóbora	—	—	150 g	—	Apenas na formulação 3; adiciona crocância e valor nutricional
Gotas de chocolate	—	—	—	248 g	Apenas na formulação 4; sabor mais adocicado
Farinha de trigo	455 g	455 g	455 g	455 g	Mesma quantidade em todas as formulações
Manteiga	104 g	104 g	104 g	104 g	Mesma quantidade em todas
Fermento biológico	10 g	10 g	10 g	10 g	Mesma quantidade em todas
Sal	5 g	5 g	5 g	5 g	Mesma quantidade em todas
Antimofo	10 g	10 g	10 g	10 g	Mesma quantidade em todas
Açúcar	82 g	82 g	82 g	55 g	Quantidade reduzida na formulação 4 devido ao chocolate
Ovos	150 g	150 g	150 g	150 g	Mesma quantidade em todas
Leite	266 g	266 g	266 g	266 g	Mesma quantidade em todas
Tempo de fermentação	1 hora	1 hora	1 hora	1 hora	Igual para todas as fórmulas
Forno/Temperatura	180°C – 35 min	180°C – 35 min	180°C – 35 min	180°C – 35 min	Igual para todas as fórmulas
Diferença principal	Uso apenas da polpa	Uso da polpa + casca	Inclusão das sementes	Inclusão de gotas de chocolate	Apresenta variações no sabor, textura e aproveitamento nutricional

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

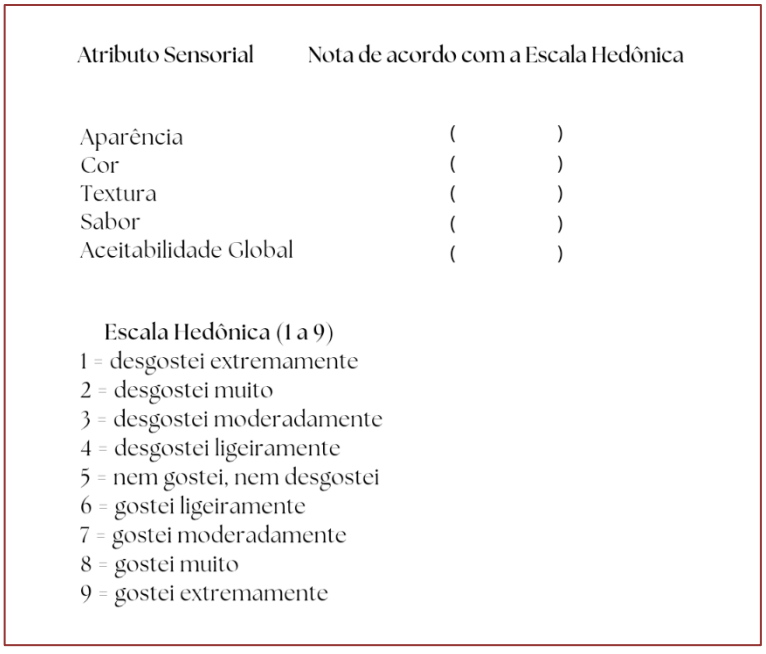
Além disso, a tabela evidencia que a quantidade de açúcar foi reduzida na formulação com gotas de chocolate, a fim de equilibrar o sabor adocicado, enquanto a inclusão das sementes na formulação 3 acrescenta crocância e maior teor proteico e com isso, percebe-se que a presença da casca na formulação 2 permite o aproveitamento integral do alimento, aumentando o teor de fibras, enquanto a formulação com apenas a polpa mantém características mais tradicionais do pão de abóbora em que se percebe que cada formulação apresenta atributos específicos que podem atender a diferentes preferências sensoriais e nutricionais.

Visando avaliar os benefícios nutricionais dos pães de abóbora em comparação aos pães tradicionais, foi realizada uma análise detalhada das formulações desenvolvidas as quais contemplaram a estimativa de macronutrientes, como proteínas, carboidratos e lipídios, bem como micronutrientes, incluindo vitaminas e minerais, ressaltando a importância do ingrediente inovador e seu potencial para reduzir o desperdício alimentar (Batista *et al.,* 2015).

Além disso, buscou-se comparar os pães elaborados com os produtos convencionais, destacando possíveis vantagens nutricionais e benefícios à saúde proporcionados pela inclusão da abóbora. Salienta-se que os testes sensoriais foram conduzidos no Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – Campus São Luís/Maracanã, em 7 de fevereiro de 2025, com a participação de 100 avaliadores não treinados, entre servidores e alunos de ambos os sexos e que todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes da avaliação, que foi realizada de forma individual.

Em consonância a essa questão, os participantes receberam orientações para observar características do produto e registrar suas percepções em fichas de resposta (figura 4), utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, em que 9 indicava “gostei extremamente” e 1 “desgostei extremamente”.

Figura 4 – Dados utilizados para a análise sensorial



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Todas as condições de amostragem e degustação foram cuidadosamente controladas, garantindo precisão nos resultados, em conformidade com os procedimentos relatados por Rodrigues *et al.* (2024) e as diretrizes propostas por Batista *et al.* (2015) que foram apresentados no item resultados e discussões a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento das diferentes formulações de pão, utilizando a abóbora de forma integral — incluindo polpa, casca, sementes e uma versão com acréscimo de gotas de chocolate — revelou-se uma estratégia inovadora e sustentável para o combate ao desperdício de alimentos, além de proporcionar benefícios nutricionais significativos.

Essa abordagem está alinhada com os princípios da economia circular e com as orientações da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2013), que recomendam a utilização eficiente dos recursos alimentares, especialmente em contextos de insegurança alimentar e deficiências nutricionais.

3.1. ANÁLISE NUTRICIONAL

A análise nutricional dos pães formulados com partes integrais da abóbora, realizada com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), evidenciou um perfil nutricional mais denso e diversificado quando comparado ao pão tradicional. Os principais parâmetros nutricionais foram avaliados por 100 g de produto, considerando valor energético, teor de proteínas, lipídios e outros nutrientes relevantes, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Análise Nutricional dos Pães de Abóbora (por 100g) com Aproveitamento Integral em Comparação ao Pão Tradicional

Nutrientes	Polpa	Casca	Sementes	Chocolate	Tradicional
Valor Energia (Kcal)	772	775	920	987	253
Proteína (g)	11,6	11,6	13,3	11,4	9,1
Lipídios (g)	18,1	18,1	22	19,3	2
Carboidratos (g)	67	68,5	61,5	66,3	50
Fibras (g)	3,2	3,4	3,2	2,9	2,9
Sódio (mg)	173	173	97	101	374

Fonte: O autor (2025).

Em termos de valor energético, os pães enriquecidos apresentaram um incremento significativo: polpa (772 kcal), casca (775 kcal), sementes (920 kcal) e gotas de chocolate (987 kcal), em contraste com o pão tradicional (253 kcal). Este aumento calórico é atribuído principalmente à incorporação de ingredientes como sementes e chocolate, possuindo densidade energética superior. Embora isso possa ser considerado um ponto negativo em dietas de restrição calórica, é altamente vantajoso para populações com altas demandas energéticas, como crianças em crescimento, idosos com baixa ingestão alimentar, pessoas em situação de desnutrição ou atletas em fases de alta exigência metabólica (FAO, 2021).

Acerca do teor proteico, os pães com ingredientes da abóbora demonstraram superioridade frente ao tradicional: sementes (13,3 g), polpa (11,4 g), casca (11,6 g) e chocolate (11,5 g), em comparação aos 9,1 g do pão convencional. Esses resultados confirmam a eficácia das sementes de abóbora como uma fonte proteica alternativa, rica em aminoácidos essenciais, colaborando na manutenção da massa muscular e no fortalecimento do sistema imunológico (Nascimento *et al*., 2022).

Nos lipídios, houve variações entre 18,1 g (casca) e 22 g (sementes), com o pão de chocolate alcançando 19,3 g, evidenciando a existência de gorduras insaturadas benéficas, particularmente oriundas das sementes e do chocolate amargo. Essas gorduras, quando consumidas moderadamente, exercem efeitos positivos sobre a saúde cardiovascular e cerebral. O pão tradicional, entretanto, apresentou apenas 2 g de lipídios, indicando menor valor energético e nutricional agregado.

A densidade nutricional mais elevada dos pães integrais de abóbora não deve ser vista como desvantajosa, mas como uma oportunidade de oferecer produtos funcionais adaptáveis a diferentes perfis populacionais, sobretudo quando se busca aliar alimentação à promoção da saúde. Além disso, essa diversificação de ingredientes contribui para o enriquecimento do paladar e da aceitação de alimentos sustentáveis, principalmente entre consumidores em busca de opções saudáveis e com menor impacto ambiental (Batista *et al.,* 2015).

Em termos de carboidratos, as formulações variaram entre 61,5g (sementes) a 68,5g (casca), sendo todas superiores ao pão tradicional (50g). O pão com gotas de chocolate (66,3g) também se destacou, especialmente por conter açúcares do chocolate. Embora apresentem mais carboidratos, esses pães são acompanhados por teores maiores de fibras e nutrientes, promovendo maior saciedade e menor impacto glicêmico.

A quantidade de fibras alimentares foi levemente superior nas formulações com abóbora. O pão com casca foi o que mais se destacou (3,4g), seguido pelas versões com sementes e polpa (3,2g cada) e o com gotas de chocolate (2,9g), igualando-se ao pão tradicional. Esses dados ressaltam a importância do aproveitamento da casca como fonte adicional de fibras alimentares, com impacto positivo na saúde intestinal e saciedade.

Por fim, o teor de sódio foi expressivamente menor nas variantes desenvolvidas com abóbora: casca e polpa (173mg), gotas de chocolate (101mg) e sementes (97mg), em contraste com o pão tradicional (374mg). Esse resultado é extremamente relevante, considerando os riscos associados ao excesso de sódio, como a hipertensão arterial.

De forma geral, os pães elaborados com abóbora e seus subprodutos mostraram-se nutricionalmente superiores ao pão tradicional. Os principais destaques são o maior valor energético e proteico, a presença de lipídios saudáveis, fibras alimentares, menor teor de sódio e, ainda, o aproveitamento integral de um alimento local.

O pão de abóbora com gotas de chocolate alia as qualidades nutricionais da abóbora ao sabor atrativo do chocolate, tornando-se uma opção funcional e saborosa para públicos diversos, inclusive crianças e adolescentes. Essa análise reforça o potencial da abóbora como ingrediente funcional na panificação e destaca como o uso integral de alimentos pode promover saúde, reduzir o desperdício e contribuir para práticas alimentares mais sustentáveis.

3.2. ANÁLISE SENSORIAL

Na tabela 3 estão expressos os valores estatísticos da análise sensorial dos pães formulados com ingredientes integrais da abóbora.

Tabela 3– Médias e Desvios Padrão Amostrais dos Atributos Sensoriais (n = 100)

Atributo Sensorial	Polpa	Sementes	Casca	Chocolate
Aparência	7,84 ± 1,00	7,56 ± 1,16	8,05 ± 0,85	7,70 ± 1,21
Cor	7,85 ± 1,04	7,58 ± 1,15	8,07 ± 0,83	7,88 ± 1,08
Textura	7,33 ± 1,26	6,92 ± 1,47	7,32 ± 1,30	7,64 ± 1,49
Sabor	6,24 ± 1,68	6,24 ± 1,68	6,28 ± 1,73	7,91 ± 1,38
Aceitabilidade Global	6,58 ± 1,54	6,22 ± 1,76	6,72 ± 1,4	7,74 ± 1,49

Fonte: O autor (2025).

A caracterização sensorial dos pães formulados com ingredientes integrais da abóbora foi conduzida sendo totalizado 100 participantes não treinados, aplicando a escala hedônica de 9 pontos, considerada padrão em estudos sensoriais. Os resultados indicaram aceitação satisfatória em todas as formulações, com destaque para o pão com gotas de chocolate, que obteve a maior média geral (7,77 ± 1,33), estatisticamente superior aos demais componentes.

A seguir, a casca (7,29 ± 1,23) e a polpa (7,17 ± 1,30) também apresentaram boas médias, enquanto as sementes obtiveram a menor aceitação (6,90 ± 1,44). A análise segregada por atributos revelou que o pão com chocolate apresentou as melhores avaliações em sabor (7,91) e aroma (7,74), sendo também o mais desejado em termos visuais, com destaque para textura e coloração. O pão com polpa também obteve destaque positivo, especialmente nos quesitos aparência e maciez.

Na tabela 4 estão expressos as Médias Gerais e Parâmetros Estatísticos por Componente da análise sensorial dos pães formulados com ingredientes integrais da abóbora.

Tabela 4 - Médias Gerais e Parâmetros Estatísticos por Componente

Componente	Média Geral	Desvio Padrão Médio Geral	Coeficiente de Variação Geral	Erro Padrão da Média Geral
Polpa	7,17	1,30	18,13%	0,13
Sementes	6,90	1,44	20,87%	0,14
Casca	7,29	1,23	16,87%	0,12
Chocolate	7,77	1,33	17,12%	0,13

Fonte: O autor (2025).

As sementes, embora nutricionalmente valiosas, apresentaram o maior coeficiente de variação (20,87%), indicando maior heterogeneidade nas respostas, possivelmente associada à textura residual percebida durante a mastigação, conforme já relatado (Andrade, 2015). Em contraposição, a casca demonstrou menor variabilidade (16,87%),

sugerindo maior consenso entre os avaliadores quanto à sua aceitação. Os erros padrão das médias variaram entre 0,12 e 0,14, indicando boa precisão nas estimativas.

Na tabela 5 estão expressos a Média Geral e a Intervalo de Confiança de 95% por Componente da análise sensorial dos pães formulados com ingredientes integrais da abóbora.

Tabela 5 - Intervalo de Confiança de 95% para as Médias

Componente	Média Geral	IC 95%
Polpa	7,17	6,91 - 7,43
Sementes	6,90	6,62 - 7,18
Casca	7,29	7,05 - 7,53
Chocolate	7,77	7,51 - 8,03

Fonte: O autor (2025).

Esta análise fornece informações valiosas para o desenvolvimento de produto, marketing e estratégias de melhoria da qualidade sensorial dos componentes avaliados.

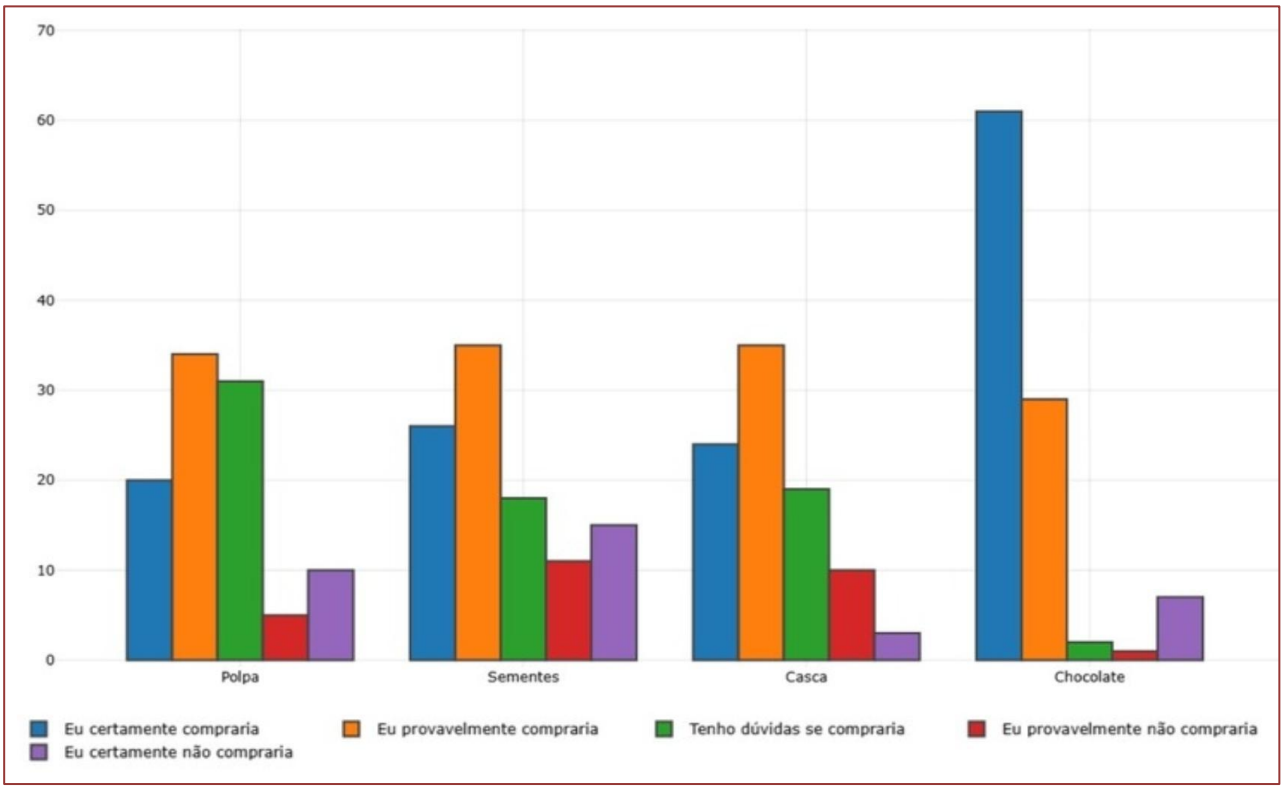
Os intervalos de confiança de 95% reforçaram a superioridade estatística do pão com chocolate frente às demais formulações. A utilização do divisor (n-1) nas análises garante estimativas não-viesadas da variabilidade populacional, e, considerando o tamanho amostral (n=100), os dados apresentam robustez e confiabilidade.

Estudos anteriores corroboram esses achados. Nascimento (2022), ao classificar muffins com casca de banana, observaram médias sensoriais superiores a 7,0, semelhantes às obtidas neste estudo. Nascimento *et al.*(2020), ao empregar farinha de sementes de abóbora em bolos, também relataram aceitação próxima de 7,4. Ambos os trabalhos indicam que ingredientes comumente descartados podem ser bem aceitos quando incorporados de forma adequada em alimentos processados.

Além disso, Santos *et al.* (2018) observaram variabilidade semelhante ao utilizar ingredientes fibrosos em barras energéticas, com coeficientes de variação acima de 20%, tal como encontrado nas padronizações contendo sementes do presente estudo. A escala hedônica utilizada foi eficaz na captação das preferências sensoriais sem saturação nos extremos da escala, e a amostragem ≥100 contribuiu para a generalização dos dados ao público consumidor.

Na figura 5 é apresentado o índice de intenção de compra dos pães de abóbora elaborados.

Figura 5 - Intenção de compra por componente (polpa, sementes, casca e chocolate) em percentual de respostas



Fonte: O autor (2025).

A avaliação da intenção de compra é um aspecto importante para inferir o potencial de aceitação comercial de um produto. Observando os resultados obtidos, percebe-se que a intenção de compra é diretamente influenciada pela percepção sensorial associada a cada componente (polpa, sementes, casca e chocolate), refletindo nas preferências e expectativas do consumidor.

O pão de abóbora com gotas de chocolate não só se destacou na avaliação sensorial, como também demonstrou a maior intenção de compra. Este resultado é consistente com sua superioridade estatística em atributos de sabor (média 7,91) e aceitabilidade geral (7,74), bem como sua baixa variabilidade relativa (CV = 17,12%). A familiaridade e a preferência natural do público por produtos de chocolate podem ter tido um impacto positivo nessa tendência. Portanto, o chocolate é o ingrediente com maior potencial de sucesso de mercado e pode ser priorizado na estratégia de negócios e no desenvolvimento de novos produtos.

A intenção de compra do pão com casca de abóbora ficou em segundo lugar, consistente com sua avaliação sensorial favorável, especialmente aparência (8,05) e cor (8,07). Além disso, apresentou o menor coeficiente de variação (16,87%), indicando maior homogeneidade nas respostas dos participantes. Esses resultados sugerem que o uso de casca de abóbora em produtos assados está se tornando mais amplamente aceito, reforçando sua viabilidade como um ingrediente funcional e sustentável, em linha com a tendência de consumo consciente e aproveitamento máximo dos alimentos.

O pão com polpa de abóbora mostrou uma intenção de compra moderada, alinhada com sua aceitabilidade geral, que foi de 6,58, e a média geral, de 7,17. Mesmo tendo recebido boas avaliações em aparência e cor, o sabor, que ficou em 6,24, pode ter influenciado a hesitação dos consumidores na hora de comprar. Isso indica que talvez seja necessário fazer alguns ajustes na receita ou nos processos de produção para melhorar o sabor, o que, por sua vez, poderia aumentar o interesse das pessoas em adquirir o produto.

O pão com as sementes de abóbora tive menor intenção de compra entre os outros pães de abóbora elaborados, confirmando sua menor aceitação geral, que foi de 6,22, além de apresentar maior variação nas respostas, com um coeficiente de variação de 20,87%. Isso pode acontecer porque características sensoriais específicas das sementes, como textura ou sabor, podem ter causado opiniões bastante diferentes entre os consumidores, influenciando negativamente na decisão de comprar.

Para tornar as sementes de abóbora mais atrativas comercialmente, uma sugestão é investir em tecnologias que melhorem sua textura ou que adicionem aromas e sabores, ajudando a reduzir possíveis desconfortos sensoriais e tornar o produto mais agradável.

A análise sensorial evidenciou boa aceitação por parte dos consumidores, sobretudo nas formulações que incorporaram chocolate e polpa, sem comprometer a qualidade sensorial do alimento. Além do desempenho positivo nos testes sensoriais, o projeto contribui significativamente para a discussão sobre sustentabilidade alimentar ao propor o uso mais eficiente de recursos naturais e matérias-primas.

3.3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade técnica, nutricional e sensorial do pão de abóbora como produto inovador e sustentável. A superioridade estatística da formulação com gotas de chocolate indica um caminho promissor para aceitação comercial, enquanto o aproveitamento integral da abóbora incluindo polpa, casca e sementes, reforça práticas de sustentabilidade alimentar e combate ao desperdício.

Além dos benefícios nutricionais, a valorização de ingredientes alternativos contribui para a construção de cadeias produtivas mais inclusivas e ambientalmente conscientes. O presente estudo dialoga com a literatura vigente e amplia o campo de possibilidades para a criação de alimentos funcionais com apelo sensorial e valor agregado.

Recomenda-se o aprofundamento da análise tecnológica e mercadológica, incluindo estudos de vida útil, custo-benefício, embalagens sustentáveis e estratégias de inserção em programas de alimentação escolar e políticas públicas. Dessa forma, o pão de abóbora poderá consolidar-se como uma alternativa viável para uma alimentação mais justa, saudável e sustentável.

Logo, em conjunto com os aspectos sensoriais e nutricionais, é importante destacar o papel social e educacional que projetos como o do pão de abóbora podem desempenhar. Ao incentivar o aproveitamento integral dos alimentos, a iniciativa estimula práticas mais conscientes tanto no ambiente doméstico quanto na indústria alimentícia, promovendo a educação alimentar e ambiental. A valorização de ingredientes geralmente descartados contribui para a democratização do acesso a alimentos mais saudáveis e acessíveis, ao mesmo tempo em que reduz custos de produção e dependência de ingredientes industrializados. Essa abordagem reforça o potencial do produto como ferramenta estratégica no combate ao desperdício, favorecendo a inclusão de práticas sustentáveis

no cotidiano das comunidades e colaborando com políticas públicas voltadas à segurança alimentar e ao desenvolvimento sustentável.

Além dos resultados sensoriais, a avaliação da intenção de compra destacou uma evidente preferência dos consumidores pelo chocolate, ressaltando sua primazia não apenas em relação aos atributos analisados, mas também em seu potencial no mercado. A casca surgiu como uma opção promissora, combinando uma aceitação sensorial positiva com a valorização de práticas sustentáveis.

Por outro lado, tanto a polpa quanto, principalmente, as sementes evidenciaram a necessidade de adaptações tecnológicas para aumentar sua atratividade no mercado. Esses resultados ressaltam a relevância da combinação entre a qualidade sensorial e as estratégias de desenvolvimento de produtos. Essa integração promove o uso completo dos alimentos, ao mesmo tempo em que favorece a sustentabilidade no setor de panificação.

4. CONCLUSÃO

Diante do crescente desafio global relacionado ao desperdício de alimentos, o desenvolvimento do pão de abóbora destaca-se como uma solução prática, inovadora e viável. A proposta de aproveitamento integral da abóbora, especialmente de partes tradicionalmente descartadas como cascas e sementes, demonstrou não apenas potencial para reduzir resíduos, mas também para aumentar o valor nutricional do produto final.

Os dados obtidos confirmam que é possível transformar subprodutos negligenciados em alimentos funcionais, atrativos e de alto valor agregado, contribuindo para a redução do impacto ambiental da cadeia produtiva de alimentos.

Assim, o pão de abóbora, ao unir inovação tecnológica, valorização nutricional e responsabilidade socioambiental, representa uma iniciativa importante para o fortalecimento de práticas alimentares mais sustentáveis. Este trabalho, portanto, evidencia a viabilidade e os benefícios do uso integral da abóbora e sinaliza caminhos para a expansão dessa abordagem, com foco na viabilidade econômica, longevidade do produto e sua inserção no mercado, reforçando os princípios da economia circular e colaborando efetivamente para a mitigação do desperdício alimentar.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, F. F. Aproveitamento das sementes de abóbora: uso funcional em preparações culinárias. **Acta Tecnológica**, *[S. l.]*, v. 10, n. 1, p. 53–57, 2015. DOI: 10.35818/acta.v10i1.232. Disponível em: https://periodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/232. Acesso em: 14 jun. 2025.

[2] BATISTA, Marina Andrade *et al.* Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de formulações alimentares com proteínas do soro de leite ou albumina para crianças. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 31-41, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjft/a/3TqGPDrdLytyCYn8ZxLL9Fr/?format=html&lang=pt. Acesso em: 08 mai. 2025.

[3] FAO. **Food Wastage Footprint**: Impacts on Natural Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.Disponível em: https://www.fao.org/4/i3347e/i3347e.pdf. Acesso em: 01 jun. 2025.

[4] FAO. **Vitaminas, Minerais, Macronutrientes.** 2ª ed. ed. FAO, 2021.Disponível em: https://www.britannica.com/science/human-nutrition/Vitamins. Acesso em: 10 mai. 2025.

[5] GIROTTO, Francesca; ALIBARDI, Luca; COSSU, Raffaello. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste management**, v. 45, p. 32-41, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15004201. Acesso em: 10 jun. 2025.

[6] GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U. **Global food losses and food waste**: extent, causes and prevention. FAO, 2011.Disponível em: https://www.madr.ro/docs/ind-alimentara/risipa_alimentara/presentation_food_waste.pdf . Acesso em: 05 jun. 2025.

[7] JÖRISSEN, Juliane; PRIEFER, Carmen; BRÄUTIGAM, Klaus-Rainer. Food waste generation at household level: Results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. **Sustainability**, v. 7, n. 3, p. 2695-2715, 2015. Disponível em https://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/2695. Acesso em: 30 mai. 2025.

[8] LANA, M. M.; TAVARES, S. A. **50 Hortaliças:** como comprar, conservar e consumir. 2. ed. rev. ed. Embrapa Informação Tecnológica, 2010. Disponível em: https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-854775/Description. Acesso em: 28 mai. 2025.

[9] NASCIMENTO, Daiane Souza *et al.* Análise sensorial e teor proteico de bolo vegano elaborado com farinha da semente de abóbora Jacarezinho *(Cucurbita moschata).* In: **Tecnologia de alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos** – Volume 1. Editora Científica Digital, 2020. p. 133-147. Disponível em: https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/200700706.pdf. Acesso em: 28 mai. 2025.

[10] NASCIMENTO, Mayara Vanessa Moura do. **Efeito da adição da casca de banana no desenvolvimento e análise sensorial de cupcakes.** 2022. 35 fl. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Bacharelado em Nutrição, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil, 2022. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28245. Acesso em: 12 mai. 2025.

[11] RICARTE, Michelle Pinheiro Rabelo *et al.* Avaliação do desperdício de alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição institucional em Fortaleza - CE. **Saber Científico (1982-792X)**, v. 1, n. 1, p. 158-175, 2021. Disponível em: https://periodicos.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/view/1553. Acesso em: 14 mai. 2025.

[12] RODRIGUES, Doralice Pereira *et al.* Características físico-químicas e microbiológicas da abóbora *(Cucurbita moschata Poir.)* minimamente processada e armazenada**. Research, Society and Development,** v. 13, n. 1, e6313144767, 2024. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/44767. Acesso em: 10 jun. 2025.

[13] SANTOS, Cleia Costa *et al.* Aceitabilidade sensorial de barras de cereais formuladas a partir de resíduos agroindustriais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 2178, p. 2091, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luana-Leao-2/publication/325539852_Aceitabilidade_sensorial_de_barras_de_cereais_formuladas_a_partir_de_residuos_agroindustriais/links/5ef11d0092851ce9e7fcb149/Aceitabilidade-sensorial-de-barras-de-cereais-formuladas-a-partir-de-residuos-agroindustriais.pdf. Acesso em: 20 mai. 2025.

[14] TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO. Base de Dados. **TBCA,** 2011. Disponível em: https://www.tbca.net.br/index.html . Acesso em: 05 mai. 2025.

Capítulo 5

Valor nutricional de pão a base de farinha de batata doce obtida de cultivo agroecológico

Ralane Gomes da Silva
Lailson Oliveira de Sousa
Daniela Cavalcante dos Santos Campos

Resumo: A intolerância ao glúten é uma condição genética onde os indivíduos acometidos são incapazes de digerir a proteína presente em cerais como trigo, aveia, centeio, cevada e em seus derivados, atingindo cerca de 1% da população mundial. Para celíacos não existe um protocolo clínico sendo que o tratamento consiste na exclusão permanente do glúten na dieta. Portanto, objetivou-se elaborar pão sem glúten a partir de farinha de batata-doce cultivada agroecologicamente e determinar sua composição nutricional sem glúten. Foram colhidos 20 kg de batatas-doces sob cultivo agroecológico, no setor de Olericultura da Escola Agrotécnica, que em seguida foram levadas ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários para serem descascadas, raladas e submetidas a secagem em estufa a 60 °C até atividade de água inferior a 0,6. Após a secagem, a massa foi triturada em liquidificador industrial e então a farinha foi embalada a vácuo. Para a produção dos pães foram utilizadas 3 formulações: I – 100% farinha de batata-doce, II – 75% farinha de batata-doce e 25% farinha de arroz e III – 50% farinha de batata-doce e 50% de farinha de arroz. As análises realizadas nas formulações foram: pH, acidez titulável, atividade de água, umidade, sólidos totais, lipídeos, amido, carboidratos totais e valor calórico, sendo os resultados comparados pelo Teste de Tukey a 5%. Observou-se que o aumento no teor de farinha de batata-doce nas formulações reduziu significativamente o percentual de umidade e aumentou os valores de sólidos totais (50% - 10,50, 75% - 23,11 e 100% - 27,65), proteínas (50% - 0,66, 75% - 1,98 e 100% - 4,85), carboidratos totais (50% - 10,47, 75% - 20,71 e 100% - 23,55) e amido (50% - 9,41, 75% - 18,48 e 100% - 21,41) mostrando que o incremento nos teores de batata-doce aumentou significativamente o valor calórico das formulações, sendo a formulação com 100% de farinha de batata-doce a mais calórica com 119,22 kcal. Concluiu-se que, pode-se obter pães a partir da farinha de batata-doce associada ou não a outras fontes amiláceas, favorecendo a diversidade de produtos isentos em glúten aos intolerantes.

Palavras-chave: Glúten, doença celíaca, monotonia alimentar.

1. INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos básicos mais populares do mundo, com seu valor nutritivo, preço baixo e simplicidade de uso, ele é a base de dietas da grande parte da civilização. O consumo de pão fornece energia (principalmente a partir de amido), fibra alimentar, proteínas e uma grande variedade de vitaminas e minerais (Nanditha; Prabhasankar, 2009).

O pão é produzido a partir do trigo que é uma fração proteica (denominado de glúten) que forma uma massa viscoelástica coesa, capaz de manter o dióxido de carbono produzido durante a fermentação e as fases iniciais de cozimento, que é decisivo para o volume final do pão e estrutura do miolo. A substituição desta proteína é essencial, porém, é um desafio tecnológico pois altera o volume, a dureza eaumenta a taxa de endurecimento (Cappa, Lucisano e Mariotti, 2013).

Comer e cozinhar alimentos sem glúten tornou-se mais fácil graças ao aumento do número e da qualidade dos produtos disponível em lojas especializadas, embora o preço seja mais elevado (Lee, Zivin e Green, 2007). A doença celíaca (DC) é caracterizada como uma inflamação crônica do intestino, trata-se de uma doença autoimune crônica, causada em resposta às proteínas do glúten (gliadina e glutenina) em indivíduos susceptíveis (Capacci, 2018).

Somente em 1888, o patologista inglês Samuel Gee, citado por Walker et al. (2018), descreveu a DC, como uma: “indigestão crônica encontrada em pessoas de todas as idades especialmente em crianças entre um e cinco anos”, ocorrendo um processo inflamatório que ocasiona danos à superfície da mucosa intestinal, o que leva à incapacidade de absorção de nutrientes em resposta à ingestão do glúten.

A ingestão das proteínas presentes do glúten é o fator responsável pelo desenvolvimento da doença, com subsequente atrofia das vilosidades intestinais ocasionando alterações inflamatórias do intestino delgado (Goh, 2011) prejudicando a absorção dos alimentos, ou seja, as paredes do intestino inflamam e atrofiam, perdendo a capacidade de absorver os nutrientes como ferro, ácido fólico, cálcio e vitaminas lipossolúveis, desencadeando problemas de desnutrição (Gujral, 2012).

No Brasil, estima-me uma população de aproximadamente 2 milhões de pessoas portadoras da doença celíaca, no entanto, a maioria não está devidamente diagnosticada (FENALCEBRA, 2021). Da população infantil uma (1) a cada 184 crianças são diagnosticadas com a doença, e da população adulta uma (1) pessoa a cada 474 pessoas apresentam a doença (Liu et al., 2014). Apesar disso, com a melhoria dos diagnósticos e rastreamentos, nota-se um gradativo aumento de pessoas portadoras de DC (Samasca et al., 2017).

O tratamento indicado para a doença celíaca é uma dieta isenta de glúten (DIG) ou (GFD) “gluten free diet” (Gallangher et al., 2009), a qual engloba grupos de alimentos que são naturalmente desprovidos de glúten, como frutas frescas, vegetais, frutos do mar, carnes, aves, legumes, nozes e a maioria dos laticínios (Theethira e Dennis, 2015), consistindo na isenção de trigo, centeio, aveia e cevada (Polanco, 1995).

No Brasil para garantir a prática da dieta isenta de glúten foi promulgada a Lei 10.674, de 16 de maio de 2003, a qual determina que todos os alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo e bula, obrigatoriamente, as inscrições "contém Glúten" ou "não contém Glúten" (Brasil, 2003).

A fim de oportunizar uma dieta variada aos celíacos, que muitas vezes, retiram de sua alimentação produtos como pães, bolos, biscoitos, entre outros, gerando monotonia alimentar (Fasano et al., 2005), a indústria de alimentos deve focar em novas alternativas alimentícias que possam substituir o glúten de forma satisfatória e tecnologicamente viável.

Hoje, já se pode encontrar no mercado variados produtos isentos de glúten como, farinha de maracuja sem glúten e sem açucar, pão de mel sem glúten e sem lactose, biscoitos água e sal sem glúten e sem lactose, biscoitos funcionais sem glúten, açai puro em pó solúvel sem glúten sem açúcar vegano, entre outros produtos.

Durante o mês de maio de 2021 foi realizada uma pesquisa de campo na cidade de Chapecó-SC, onde seis supermercados foram visitados e avaliados. A partir da análise dos rótulos, foi avaliado a disponibilidade, variedade de marcas e o preço dos seguintes produtos: bolo, biscoito, mix de farinhas, pão e macarrão, todos isentos de glúten. Dos seis supermercados avaliados, em cinco estavam disponíveis dois ou mais itens pesquisados e somente em um supermercado não foi encontrado nenhum dos 5 produtos (Galleazzi et al., 2021).

A batata doce *(Ipomoea batatas)*, pode ser uma alternativa como substituinte do trigo em formulações alimentícias na elaboração de pães, biscoitos e bolos (Bassan; Ferreira; Escouto, 2009), pois é um alimento rico em carboidratos, minerais, vitaminas C e B, sendo algumas cultivares ricas em provitamina A e carotenoides, que atuam reduzindo doenças degenerativas tais como o câncer, catarata, doenças cardiovasculares (Rodrigues Amaya et al., 2008).

Diante disso, o desenvolvimento de pão sem glúten aprimorado com a farinha de batata-doce deverá incientivar a fabricação de produtos desta natureza para o atendimento dos consumidores que sofrem com a doença célica e que se veem retitando de suas alimentaçõesvariados produtos como pães, bolos e biscoitos.

Portanto, objetivou-se elaborar pão sem glúten a partir de farinha de batata-doce cultivada agroecologicamnte e determinar sua composição nutricional sem glúten.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 . PROCESSAMENTO DA FARINHA DE BATATA-DOCE E OBTENÇÃO DOS PÃES SEM GLÚTEN

A batata-doce, cultivar Braszlândia Roxa foi produzida de forma agroecologica no setor de Olericultura da Escola Agrotécnica da Universidade Federal de Roraima, e encaminhada para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários – LTPA, onde foram selecionadas, lavadas em água corrente para retirada das sujidades, e de material mais grosso aderido à batata proveniente do campo, higienizadas em água clorada a 100 ppm por 10 minutos, para então serem descascadas manualmente e processadas em multiprocessador industrial inox, a fim de reduzi-las a uma massa homogênea.

Após o processamento, a massa de batata-doce foi disposta em bandejas de alumínio e submetida a secagem a 60 ºC até alcançar a atividade 0,6, limite para o crescimento microbiano (Franco; Landgraf, 2008). Após a secagem, a massa foi triturada em liquidificador industrial inox e a farinha embalada a vácuo em sacos de polietileno.

Para a confecção dos pães foram utilizadas três proporções entre as farinhas de batata-doce e farinha de arroz apresentados na Tabela 1, além de 1% sal, 3% de açúcar, 1,4% de fermento para pão, 01 unidade de ovo, 26% de leite, 9% de margarina e 1% de goma xantana.

Tabela 1 – Proporções das farinhas amiláceas utilizadas para fabricação do pão sem glúten

Proporções	Batata-doce (FB)	Farinha de arroz (FA)
1	100%	-
2	75%	25%
3	50%	50%

FB – Farinha de batata-doce; *FA* – Farinha de arroz.

O sal, açúcar, ovo, leite, margarina e a goma xantana, foram misturados manualmente até obtenção de uma massa homogênea. Em seguida foram adicionados o fermento e as farinhas de acordo com as proporções 1, 2 e 3. A massa foi fracionada em porções de 60 g, sendo submetidas à fermentação a temperatura ambiente durante 30 minutos, em formas previamente untadas com margarina e polvilhadas com farinha de arroz. Após a fermentação, a massa foi submetida ao forno em fogão industrial à 180 °C por 20 minutos.

Os pães foram desenformados e colocados para resfriar até atingirem a temperatura ambiente 25 ± 2 °C, em seguida foram armazenados em embalagens de polietileno de baixa e armazenados em temperatura ambiente (25 ± 2 ºC) para posterior realização das análises.

2.2. ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS PÃES SEM GLÚTEN

Foram realizadas as seguintes análises de composição nutricional de acordo com os autores abaixo:

Umidade - determinadas por meio de secagem em estufa a 105 °C, segundo IAL (2008). Os resultados foram expressos em %;

- Proteínas - determinadas pelo método Kjeldahl seguindo as recomendações do IAL (2008). O fator geral de conversão de 6,25 foi aplicado para calcular o % de proteína bruta;
- Carboidratos totais - determinados através do método de Bligh; Dyer (1959);
- Cinzas - determinadas por meio de incineração em mufla a 550 °C, segundo IAL (2008);
- Amido - determinados conforme metodologia de IAL (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a analise de variancia (Tabela 2) pode-se observar que, os valores de umidade, do pão desenvolvido com (50% - 89,50) de farinha de batata-doce mostrou-se significativo tendo seu resultado superior a formulação de (100% - 72,33), isso porque, quanto maior meu teor de farinha de batata-doce, menor vai ser minha quantidade de água, e isso ocorreu devido a secagem da massa de batata-doce na estufa à 60°C até atingir a atividade de água 0,6 que é o limite para o crescimento microbiano.

Conforme foi diminuindo o teor de farinha de batata-doce na formulação de 50% de farinha de batata-doce, maior foi a quantidade de água.

E conforme houve a redução na quantidade de água da formulação de (100% - 72,33) de farinha de batata-doce da variavel de umidade, automaticamnte teve uma influencia nas variaveis de sólidos totais tendo então um aumento dos solidos, mostrando assim que a formulação (100% - 27,65) de farinha de batata-doce se mostrou maior. E desses solidos totais, são formados por proteinas, gorduras, cinzas e carboidratos totais.

Pode-se observar que, apenas proteinas, carboidratos totais e amido se mostraram significativos para a composição desses sólidos.

As variaveis de proteínas analisadas, no pão desenvolvido com a formulação de (100% - 4,85) de farinha de batata-doce, foi o que teve melhor resultado para a analise de proteína, e assim caracterizando-se com uma quantidade consideravel de proteinas, já que se trata de uma farinha de origem vegetal.

As variáveis de gorduras e cinzas estudadas não apresentaram diferença estatística entre as formulações analisadas no presente trabalho.

As variáveis analisadas de carboidratos totais mostram-se maiores com o pão desenvolvido com a formulação de (100% - 23,55) de farinha de batata-doce, indicando que a quantidade de farinha de batata-doce influenciou significativamente na quantidade de amido, sendo que o pão desenvolvido com 100% de farinha de batata-doce mostrou-se superior.

As variaveis de valor calorico foram automaticamente afetados pela quantidade de carboitrados totais presentes na formulação de (100% - 23,55) de farinha de batata-doce, então podendo-se dizer que, quanto maior for a quantidade de carboitrados totais, maior vai ser o valor calorico.

Segundo um trabalho desenvolvido por (Gonçalves et al., 2020) no qual analisaram o desenvolvimento de diferentes formulações de pães sem glúten elaborados com farinha do amorphophallus konjak, as variaveis de umidade estudadas no presente trabalho, se mostram muito superiores quando comparadas com as do autor.

Ademais, um trabalho produzido por (Silva, 2020) no qual analisaram o Desenvolvimento de massa ácida com farinha de feijão para a produção de pão sem glúten, as variáveis de sólidos totais se mostraram inferiores quando comparadas as destes trabalho.

Tabela 2. Composição nutricional do pão sem glúten em diferentes concentrações de farinha de batata doce

Variáveis analisadas	% Farinha de batata-doce		
	50%	**75%**	**100%**
Umidade (%)	**89,50 a**	76,86 b	72,33 b
Sólidos totais (%)	10,50 c	23,11 b	**27,65 a**
Proteínas (%)	0,66 b	1,98 b	**4,85 a**
Gorduras (%)	0,40 a	0,41 a	0,62 a
Cinzas (%)	0,002 a	0,004 a	0,02 a
Carboidratos totais (%)	10,47 c	20,71 b	**23,55 a**
Amido (%)	9,41 c	18,48 b	**21,41 a**
Valor calórico (%)	48,31 c	94,45 b	**119,22 a**

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a 5%.

Segundo um trabalho desenvolvido por (Pires et. al,. 2018) Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten à base de farinha de vegetais, as variáveis de proteínas e cinzas analisados no presente trabalho mostram-se inferiores segundo ao trabalho do autor. Já outro trabalho desenvolvido por (Franco, 2015) sobre Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata doce as variáveis de carboidratos totais deste trabalho mostraram-se inferiores quando comparadas com as do autor.

De acordo com um trabalho desenvolvido por (Dos Anjos,2017) no qual analisaram o Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora (cucurbita moschata) as variáveis de valor calórico se mostram muito superiores quando comparadas as deste trabalho. Contudo, um trabalho desenvolvido por (Santos, 2020) em que foi avaliado o Efeito do emprego de zeína e pré gelatinização do amido na formulação de pão sem glúten, as variáveis analisada de amido se mostraram muito inferiores quando comparada com as deste trabalho.

Segundo (Da Silva Pimentel et. al., 2019) que desenvolveram um trabalho intitulado "Formulação, desenvolvimento e viabilidade na produção de pão sem glúten utilizando farinha de arroz e polvilho doce". Chegaram a conclusão de que o pão sem glúten se mostrou inviável economicamente para produção, já que seu valor de produção fica muito acima do valor do pão de sal convencional sendo 3.5 vezes mais caro, que segundo os autores, o pão só tem retorno para vendas específicas e segmentadas para clientes que queiram esse tipo de produto, por ter a doença celíaca ou somente por estar buscando seus benefícios para a saúde.

Diferentemente do estudo conduzido por Melo et al. (2007) que verificaram as alterações provocadas pela substituição de parte da farinha de trigo por FMB (2,5%; 5,0% e 7,5%) na elaboração de pães, demonstrando poucas mudanças de caráter estrutural, como textura e aparência dos pães comparados aos pães "brancos" (padrões).

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, constatou-se que o produto é uma boa fonte de carboidratos e uma ótima opção para os intolerantes ao glúten. As formulações de 100%

se destacaram nas análises por não serem mistas, contudo, é possível concluir que nas seguintes variáveis começando com Umidade a formulação de 50% se mostrou significativa. A variável de sólidos totais e proteínas a formulação de 50% se mostraram inferiores do que observado nas formulações de 100%.

Uma das maiores falhas na qualidade de produtos sem glúten, como pães e bolos, é sua estrutura fraca, que retém gases, o que afeta negativamente o volume final e a densidade e a densidade do miolo e massa, respectivamente. No entanto, para produzir produtos com características sensoriais e técnicas aceitáveis, vários ingredientes foram introduzidos e combinados, bem como mudanças nas técnicas tradicionais de preparação.

O pão desenvolvido a partir de farinha de batata-doce oferece uma nova opção de alimento com caráter funcional, constituindo uma alternativa de alimento saudável e diferenciado, que favorece a diversidade de produtos isentos em glúten, adequados aos portadores da doença celíaca, assim como para os consumidores em geral, tornando a dieta dos celíacos menos monótona.

REFERÊNCIAS

[1] BASSAN, J.C.; FERREIRA, G.A.O.; ESCOUTO, L.F.S. **Avaliação físico-sensorial de pão de forma doce elaborado com farinha de batata doce de polpa alaranjada e mistura de amidos nativos e modificados isento de glúten**. XIII Congresso brasileiro de mandioca. Anais... Botucatu, SP, 2009.

[2] BRASIL, **Ministério da saúde**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC no 360. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados Brasília, D.O.U., Brasília, 26/12/2003.

[3] CAPACCI, S.; LEUCCI, A.C.; MAZZOCCHI, M**. Supermarket price dataset on gluten- containing and gluten-free foods**. Mendeley Data, v.1, 2018.

[4] CAPPA, C., LUCISANO, M., & MARIOTTI, M. (2013). **Influence of psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality**. Carbohydrate Polymers, 98, 1658 3 1666.

[5] DA SILVA PIMENTEL, Elias; DA SILVA, Guilherme Ferreira; MADUREIRA, Moisés Teles. Formulação, desenvolvimento e viabilidade na produção de pão sem glúten utilizando farinha de arroz e polvilho doce. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 33025-33036, 2019.

[6] DOS ANJOS, Carla Nunes et al**. Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora** (Cucurbita moschata). Arquivos de Ciências da Saúde, v. 24, n. 4, p. 58-62, 2017.

[7] FASANO, A. **Clinical Presentation of Celiac Disease in the Pediatric Population**. Gastroenterology. v.128, p.S68-S63, 2005.

[8] FENACELBRA - **Federação Nacional das Associações de Celíacos do Brasil**. 2021. Disponível em: <http://www. doencaceliaca.com.br/>. Acesso em: 22 Jan. 2021.

[9] FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

[10] FRANCO, Vilmara Araújo et al. **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce**. 2015.

[11] GALLAGHER, S.; SCHWAB, C.; DAL BELLO, F.; COFFEY, A.; G€ANZLE, E. Improving gluten-free bread quality through the application of enzymes. **Agro Food Industry Hi Tech,** v. 20, p. 34–37. 2009.

[12] GALLEAZZI, Deizi; DE MELLO, Elisangela Schmidt. **Disponibilidade de alimentos isentos de glúten em supermercados na cidade de Chapecó-SC**. 2021.

[13] GOH, V.L.; WERLIN, S.L. **Discovery of gluten as the injurious component in celiac disease**. Nutrition in Clinical Practice, v. 26, p.160–162. 2011.

[14] GONÇALVES, Fernanda Laignier. **Desenvolvimento de diferentes formulações de pães sem**

glúten elaborados com farinha do amorphophallus konjak. 2020.

[15] GUJRAL, N.; FREEMAN, H.J. and THOMSON, A.B. Celiac disease: prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. **World Journal of Gastroenterology**, v.18, p.6036– 6059. 2012.

[16] LIU, S.M.; RESENDE, P.V.G.; BAHIA, M.; PENNA, F.J.; FERREIRA, A.R.; LUI, P.M.F.; NETO, A.S.A.; SANTOS, L.R.A.; ELIAZAR, G.C.; ARANTES JUNIOR, M.A.F. **Doença celíaca. Revista Medica de Minas Gerais**, v. 24(Supl 2): p.38-45. 2014.

[17] MELO, L. P.; RANGEL, J. H.; BARRETO, N. M. F.; IBAÑEZ-ROJAS, M. O. A.; MARTINS, M. S. **Análises fisico-químicas do pão enriquecido com mesocarpo de babaçu**. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 2007, João Pessoa. Anais. CD-ROM.

[18] NANDITHA, B., & PRABHASANKAR, P. (2009). Antioxidants in bakery procucts: **A review Critical Reviews in Food. Science and Nutrition**, 49(1), 1-27.

[19] PIRES, Paloma Souza; QUADROS, Gustavo Silva Levatti; GADELHA, Gabriella Giani Pieretti. **Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten à base de farinha de vegetais**. e-xacta, v. 11, n. 1, p. 85-95, 2018.

[20] POLANCO I. Enfermedad celíaca. **Pediatria Integral,** v. 1, n. 2, p.124, 1995

[21] RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. J. Food C. Anal. v.21, n. 6, p. 445-463, 2008.

[22] SAMASCA G, LERNER A, GIRBOVAN A, SUR G, LUPAN I, MAKOVICKY P, et al. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus. **European Journal of Clinical Investigation**, v.47, p. 394-397. 2017.

[23] SANTOS, Natalie Silva et al. Efeito do emprego de zeína e pré gelatinização do amido na formulação de pão sem glúten. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 82920-82928, 2020.

[24] SILVA, Juliana Dara Rabêlo**. Desenvolvimento de massa ácida com farinha de feijão para a produção de pão sem glúten**. 2020.

[25] THEETHIRA, T.G.; DENNIS, M. Celiac disease and the gluten-free diet: Consequences and recommendations for improvement. **Dig Dis,** v.33, n. 2, p. 175–182. 2015.

[26] WALKER, M.D.; ZYLBERBERG, H.M.; GREEN, P.H.R.; KATZ, M.S.K.. Endocrine complications of celiac disease: a case report and review of the literature. **Endocrine Research,** v. 10, p. 1-19, 2018.

Capítulo 6

Castanha de Sapucaia (Lecythis pisonis Cambess): fatores nutricionais e funcionais de uma amêndoa amazônica subaproveitada

Zandleme Birino de Oliveira
Flávia Nathale Corrêa Bentes
Kamila Brielle Pantoja Vasconcelos
Darlene Vitória Silva da Costa
Rafael Silva Cardoso
Pablício Pereira Cardoso
Karina Alcântara de Sousa
Antônio Quaresma da Silva Júnior

Resumo: O Brasil é reconhecido por sua grande diversidade de frutos nativos comestíveis, porém, pouco conhecidos. Nesse sentido, a determinação da composição centesimal dos alimentos, principalmente de frutos exóticos é fundamental para a avaliação nutricional, elaboração de rotulagens, formulação de dietas e desenvolvimento de novos produtos. A castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis*), fruto da biodiversidade amazônica, destaca-se por apresentar teores relevantes de ácidos graxos insaturados, como o oleico (C18:1) e linoleico (C18:2), além de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes. Esses componentes conferem a essa oleaginosa um alto valor funcional e nutricional, sendo um potencial alternativa na formulação de alimentos saudáveis. Entre os parâmetros analisados na literatura disponível, observam-se dados preliminares sobre umidade, proteínas, cinzas e lipídios na castanha de sapucaia, componentes essenciais para funções biológicas. No entanto, a escassez de estudos sistemáticos limita a compreensão aprofundada do seu perfil nutricional e das suas aplicações práticas. Os lipídios, que constituem uma fração significativa dessa oleaginosa, são reconhecidos como fonte energética e por suas funções estruturais, hormonais e imunomoduladoras – características ainda pouco exploradas no contexto específico da *Lecythis pisonis*. Dentre os ácidos graxos identificados, os insaturados, em especial o ácido oleico (monoinsaturado), sugerem potenciais benefícios à saúde, como ações anti-inflamatória e cardioprotetora, similares aos de outras oleaginosas já consagradas. Contudo, a carência de pesquisas robustas que correlacionem diretamente o consumo da sapucaia com a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis revela uma lacuna científica a ser preenchida. Apesar disso, a castanha de sapucaia emerge como uma alternativa viável para a diversificação alimentar e econômica na Amazônia, região que carece de valorização de seus recursos endógenos. Seu aproveitamento poderia fomentar não apenas estratégias de segurança nutricional local, mas também práticas sustentáveis de bioeconomia, desde que respaldado por evidências científicas mais consistentes.

Palavras-chave: Sapucaia, Valor nutricional, Ácidos graxos, Antioxidantes, Nutrição funcional.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga uma vasta biodiversidade de espécies vegetais com potencial alimentar e funcional ainda pouco explorado pela ciência e pela indústria. Dentre essas, destaca-se a castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.), uma oleaginosa nativa cujas amêndoas se caracterizam por elevados teores de lipídios insaturados, proteínas e compostos bioativos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Oliveira et al., 2023). Apesar de seu valor nutricional comparável ao de outras castanhas consagradas, como a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), a sapucaia permanece subutilizada, com lacunas significativas em pesquisas sobre sua composição centesimal, efeitos na saúde e aplicações tecnológicas (Demoliner et al., 2018; Rosa et al., 2020).

Estudos recentes evidenciam que a sapucaia apresenta um perfil lipídico favorável, com predominância de ácido oleico (C18:1) e linoleico (C18:2), associados à redução de riscos cardiovasculares e modulação de processos inflamatórios (Teixeira et al., 2017; Barreto et al., 2020). Além disso, sua farinha e óleo têm sido investigados como ingredientes funcionais para enriquecer produtos alimentícios, destacando-se como alternativa sustentável para a bioeconomia amazônica (Demoliner et al., 2018). No entanto, como apontado por Oliveira et al. (2023), variações regionais na composição nutricional — como teores de umidade, proteínas e lipídios — exigem maior padronização de análises para garantir sua segurança e eficácia.

Este capítulo apresenta uma revisão integrativa da literatura, reunindo evidências científicas publicadas entre 2000 e 2024 em bases como SciELO, PubMed, Scopus e Google Acadêmico. Foram incluídos artigos originais, revisões e teses que abordam a composição nutricional, propriedades funcionais e aplicações da castanha de sapucaia, utilizando os descritores *"Lecythis pisonis"*, *"sapucaia nut"*, *"nutritional composition"* e *"bioactive compounds"*. A análise crítica dos dados permitiu sintetizar avanços, contradições e lacunas no conhecimento atual, destacando o potencial desta oleaginosa como recurso para alimentação saudável e desenvolvimento sustentável na Amazônia.

2. ASPECTOS GERAIS SOBRE A CASTANHA DE SAPUCAIA (*Lecythis pisonis* CAMBESS)

A castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) é uma espécie arbórea pertencente à família Lecythidaceae, a mesma da conhecida castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*). O nome do gênero *Lecythis* tem origem no grego *lekythos*, que significa "panela de óleo", em alusão ao formato peculiar do fruto. Já o epíteto específico *pisonis* homenageia o médico holandês Willem Piso, que liderou uma missão científica durante o período do Brasil holandês (Arbotoreum 2022).

Popularmente, a espécie é conhecida por uma variedade de nomes regionais, que refletem sua ampla distribuição geográfica e a relação cultural estabelecida com diferentes comunidades. Dentre as denominações populares destacam-se: árvore-de-caçamba, cambuca-de-macaco, castanha-desapucaia, castanheira-sapucaia, chapéu-de-sol, cuia-de-macaco, embiratã, fruta-de-macaco, jaçapucaia, jequitibá, marmita-de-macaco, pau-d'arco-branco, pau-de-caixão, sapucaia-vermelha, sapucaiaçu, entre outras (Pinto, 1975; Camargos et al., 2001; Lorenzi, 2002).

Natural da região amazônica, a sapucaia cresce principalmente em áreas de várzea alta do Baixo Amazonas e nas margens do Rio Amazonas, incluindo zonas periodicamente inundadas (Almeida, 1963). Além da Amazônia, a espécie é encontrada na Mata Atlântica, com registros desde o Ceará até o Rio de Janeiro, sendo particularmente frequente no sul

da Bahia e no norte do Espírito Santo (Lorenzi, 2002). Fora do Brasil, sua distribuição natural estende-se à Colômbia, Guiana, Peru e Suriname (ITTO, 2022).

Descrita originalmente em 1829, com ocorrência na então província do Espírito Santo (Cambessedes, 1829), foi posteriormente registrada como *Lecythis usitata* na província do Pará (Miers, 1874). Contudo, em uma revisão taxonômica do gênero *Lecythis*, Mori e Prance (1990) determinaram que ambas as espécies se tratavam da mesma planta. Assim, prevaleceu o nome *Lecythis pisonis*, por ter sido descrito anteriormente.

A relevância da sapucaia já era percebida desde o período colonial, conforme pode-se verificar na obra *História do Brasil* (1627), de Frei Vicente do Salvador. O autor destaca tanto o valor de sua madeira, utilizada na fabricação de eixos para moendas, quanto a utilidade de seus frutos, que continham amêndoas saborosas e, após o consumo, suas cascas ainda serviam como utensílios domésticos, como grais para socar adubos e outros materiais (Salvador, 1987).

Trata-se de uma árvore de grande porte, extremamente ornamental, com folhagem densa. As folhas jovens apresentam tonalidades marrons ou róseas, tornando-se verde-brilhantes à medida que envelhecem. A espécie pode atingir até 50 metros de altura e 1 metro de diâmetro. Seu tronco espesso fornece madeira de coloração variando entre castanho-claro-amarelado e castanho-avermelhado, utilizada amplamente em marcenaria e em obras civis e navais. É valorizada por sua durabilidade, especialmente quando não enterrada (Carvalho, 2006; Lorenzi, 2002). Além disso, é frequentemente empregada em projetos de recuperação ambiental (ITTO, 2022).

Figura 1. Árvore da Sapucaia

Fonte: Os autores (2022).

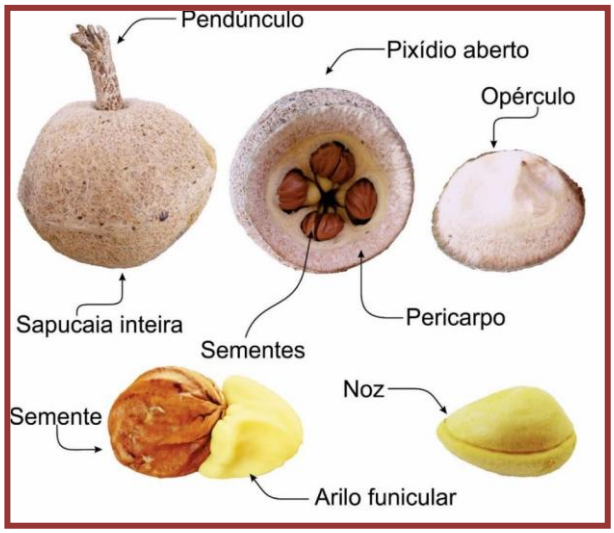
As flores, de coloração azul-escuro ou violeta, medem cerca de 2 cm de comprimento, com seis pétalas que variam de 17 a 35 mm de comprimento por 14 a 27 mm de largura (Carvalho, 2006). O período de floração é bastante variável, conforme a região: de janeiro a junho no Pará; de julho a novembro no Espírito Santo; de julho a janeiro no Tocantins; de agosto a janeiro em Minas Gerais e Pernambuco; em setembro no Amazonas; de agosto a janeiro na Bahia; de outubro a dezembro no Rio de Janeiro e em São Paulo; e de

novembro a dezembro no Maranhão. Em Santa Catarina, a floração ocorre em novembro (ITTO, 2022).

O fruto contém entre 30 e 40 sementes, cada uma medindo cerca de 7 cm, com amêndoas doces e agradáveis ao paladar. Estas apresentam cerca de 51% de óleo comestível (Cavalcante, 1972). No estado do Pará, os frutos amadurecem geralmente no primeiro semestre do ano. A viabilidade das sementes é de, no máximo, 90 dias (Lorenzi, 2002). As castanhas são bastante apreciadas e amplamente comercializadas em feiras e mercados de diversos municípios do interior do Brasil. A planta, adaptada a ambientes de várzea, tolera bem os períodos sazonais de inundação (Conceição, 2017).

As sementes desenvolvem-se dentro de uma estrutura lenhosa e esférica chamada pixídio ou ouriço, cuja base é vedada por uma tampa denominada opérculo. Quando o fruto amadurece, o opérculo se desprende espontaneamente e, alguns dias depois, as sementes caem, espalhando-se pela vegetação. Este processo de dispersão é auxiliado principalmente por mamíferos silvestres como morcegos e macacos, atraídos por uma estrutura carnosa, doce e nutritiva presente em uma das extremidades da semente, chamada arilo (ITTO, 2022). Embora a coleta possa ser realizada antes da abertura natural do fruto, há risco de mofamento se colhido prematuramente.

Figura 2. Ilustração do fruto da sapucaia exibindo detalhes do pixídio, opérculo, semente e a castanha



Fonte: os autores, 2022.

Atualmente, identificam-se dois formatos distintos de fruto: um mais alongado comum na região Sul, e outro arredondado, típico da região Norte. Ambos os formatos, no entanto, já foram encontrados em uma mesma árvore (ITTO, 2018). Após a frutificação, é comum que alguns ouriços vazios permaneçam presos aos galhos por longos períodos, até caírem espontaneamente, geralmente próximo à nova frutificação (Conceição, 2017).

3. USOS MEDICINAIS

Utilizada de forma medicinal por conhecimento popular, alguns estudos iniciais, começam a elucidar características terapêuticas de seus elementos, embora estes não tenham sido evidenciados em humanos ainda. Estudo realizado por Vieira at. al. (2015), concluiu que compostos bioativos presentes na semente inibem o fungo da *Candida Albicans*.

Enquanto Franco e Barros, (2006) constaram que folhas da planta, quando utilizadas em banhos, são tradicionalmente indicadas para o tratamento de coceiras na pele, nesse raciocínio Brandão et al. (2013), dizem que compostos presentes nessas folhas apresentaram efeito antinociceptivo, ou seja, foram capazes de reduzir a percepção e a transmissão da dor, o que pode justificar seu uso na medicina popular no alívio de dores. Silva et al. (2011) também relataram propriedades que auxiliam no tratamento de pruridos cutâneos. Além disso, Carvalho (2013) demonstrou que a inclusão da castanha de sapucaia na dieta de ratos promoveu a redução de marcadores inflamatórios, evidenciando seu potencial efeito anti-inflamatório.

Barreto e colaboradores (2020) avaliaram a atividade antioxidante dos extratos polares revelando um grande potencial antioxidante, que pode estar associada aos altos teores de fenóis e flavonoides totais. Dessa forma, podemos observar efeitos promissores para potenciais medicamentos à base de derivados da espécie *L. pisonis*, embora muitos outros estudos ainda sejam necessários.

4. USOS NA CULINÁRIA

Como mencionado anteriormente, a castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis*) já foi exportada para uso culinário em países como Estados Unidos e Inglaterra. Nessas regiões, as amêndoas eram empregadas na confeitaria e na extração de um líquido leitoso semelhante ao leite de coco, utilizado em composições alimentares diversas (Almeida, 1963). Apesar disso, trata-se de um fruto ainda subutilizado, a exemplo de muitos outros oriundos da flora amazônica.

Atualmente, seu consumo está mais restrito a áreas do interior da Amazônia, onde é valorizada como produto regional. Segundo Conceição (2017), no estado do Amazonas, a castanha de sapucaia é utilizada na preparação de vinhos, mingaus — substituindo o leite de vaca —, bem como na confecção de doces típicos como cocadas e quebra-queixos. Algumas comunidades consomem as castanhas com farinha de mandioca e café, enquanto outras utilizam a massa ralada e exprimida (seca, sem o leite) como ingrediente em beijus de tapioca ou de massa de mandioca, em substituição à castanha-do-pará.

Diversos fatores contribuem para a baixa comercialização e consumo em escala mais ampla. Entre eles, destaca-se a crescente escassez de árvores devido à exploração madeireira, a dificuldade na colheita — uma vez que, ao contrário da castanha-do-pará, os frutos da sapucaia desprendem-se naturalmente da copa e se espalham pelo solo ao amadurecer —, além da concorrência com animais silvestres, que consomem as sementes e contribuem para sua dispersão (Cavalcante, 1972).

Apesar desses obstáculos, a sapucaia tem ganhado espaço nas cozinhas contemporâneas, especialmente entre chefs que buscam valorizar ingredientes da sociobiodiversidade brasileira. Segundo Mori (2019), “nos últimos anos, cada vez mais ingredientes da Mata Atlântica têm sido explorados pelos chefs brasileiros. Aconteceu com a erva-mate, com o

pinhão e, mais recentemente, com o açaí juçara. Tudo indica que a castanha de sapucaia será a próxima da lista".

Esse movimento acompanha uma tendência crescente por uma alimentação mais natural, equilibrada e rica em nutrientes (Mohammad *et al*., 2022). A castanha de sapucaia, além de apresentar sabor agradável e adocicado, revela-se uma excelente fonte de compostos nutricionalmente relevantes. Estudos indicam a presença de macronutrientes, vitaminas e minerais com potencial benefício à saúde, o que a torna uma alternativa promissora em dietas saudáveis e funcionais (Oliveira *et al*., 2023).

Segundo o livro *Alimentos Regionais Brasileiros* (2007), as amêndoas da sapucaia são descritas como aromáticas e oleaginosas, podendo ser consumidas cruas, cozidas ou assadas. São consideradas um excelente alimento, com potencial para substituir, em condições equivalentes, nozes, amêndoas ou castanhas de origem europeia, sendo indicadas tanto para receitas doces quanto salgadas. O "leite" extraído das sementes, preparado de forma similar ao leite de coco, apresenta sabor e textura agradáveis, podendo ser utilizado em pratos típicos como moquecas ou no cozimento de peixes (Rigo, 2018).

Embora o consumo *in natura* ainda seja o mais comum, há perspectivas promissoras para o aproveitamento de subprodutos, como óleos, farinhas, tortas e extratos hidrossolúveis (Demoliner, 2018). Tais produtos podem ser explorados comercialmente por sua riqueza em carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas e minerais, contribuindo significativamente para uma alimentação equilibrada.

Além dos atributos nutricionais, estudos vêm investigando os efeitos funcionais do consumo de castanhas sobre processos inflamatórios e parâmetros metabólicos. Os resultados, obtidos tanto em modelos animais quanto em populações humanas, têm sido positivos — inclusive entre indivíduos com sobrepeso, resistência à insulina ou risco de doenças cardiovasculares (Casas-Agustench et al., 2009).

Quanto ao sabor, a castanha de sapucaia é geralmente bem aceita pelos consumidores, sendo descrita como mais adocicada do que a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). Seu consumo em dietas experimentais demonstrou efeitos benéficos: embora não tenha alterado o padrão de acúmulo lipídico hepático em modelos animais, proporcionou reduções nos níveis de glicose e colesterol total, ao passo que aumentou os níveis de HDL (o "colesterol bom") (Carvalho, 2013; Wickens, 1995).

5. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA CASTANHA DE SAPUCAIA

A castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) tem despertado crescente interesse científico devido à sua composição nutricional rica e promissora. Estudos indicam que suas amêndoas apresentam altos teores de proteínas e lipídios, além de um perfil de ácidos graxos comparável ao da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) e do óleo de milho, destacando-se também pela presença de vitamina C (Vallilo et al., 1998). Contudo, o mesmo estudo identificou teores preocupantes de chumbo (Pb), possivelmente decorrentes de contaminação antrópica, reforçando a importância de avaliar os níveis de metais pesados em amostras oriundas de diferentes regiões.

Carvalho (2013), ao analisar amostras provenientes da Região da Mata Mineira, enfatizou o elevado teor de ácido linoleico e um perfil aminoacídico relevante, sugerindo a necessidade de monitoramento constante de contaminantes como o chumbo. Já Rosa

(2020) destacou a grande variabilidade morfoquímica intraespecífica entre diferentes matrizes de *L. pisonis*, observadas em castanhas coletadas em municípios do Espírito Santo e de Minas Gerais, o que reforça a importância de identificar genótipos com maior valor nutricional.

No estudo conduzido por Carvalho et al. (2008), a sapucaia apresentou, entre as amêndoas avaliadas, as maiores médias para a maioria dos parâmetros nutricionais, excetuando-se umidade e carboidratos totais. Do ponto de vista energético e proteico, destacou-se como uma das mais promissoras entre as oleaginosas brasileiras.

Em um estudo recente realizado na região oeste do Pará, Oliveira et al. (2023) analisaram amostras de castanha de sapucaia provenientes de áreas secas e úmidas. Os resultados revelaram que o teor de carboidratos foi de 17,02% nas amostras oriundas de áreas secas e de 31,12% nas provenientes de áreas úmidas. A umidade também apresentou variação expressiva, sendo de 31,33% nas castanhas de regiões úmidas e apenas 9,54% nas de regiões secas. Em relação ao teor de proteínas, embora a diferença tenha sido menos acentuada, ainda assim foi significativa: 10,99% para as amostras úmidas e 8,8% para as secas. Já o teor de lipídios foi considerado elevado em ambos os ambientes, com valores de 39,95% e 46%, respectivamente.

As análises de Demoliner (2018), realizadas com amostras provenientes de Teresina (PI) e Viçosa (MG), confirmaram a riqueza nutricional da espécie, com teores elevados de lipídios, proteínas e fibras. As amêndoas de Minas Gerais apresentaram maior teor proteico e menor teor lipídico em comparação com as amostras do Piauí. O mesmo estudo apontou a presença de compostos bioativos como tocoferóis, polifenóis e minerais essenciais, incluindo zinco, ferro, manganês, cobre, magnésio e cálcio. Esses nutrientes desempenham papéis importantes na manutenção da saúde e podem auxiliar na correção de dietas com deficiências nutricionais.

A composição da sapucaia também se destaca pelo conteúdo de aminoácidos essenciais, fundamentais para diversas funções fisiológicas humanas, como a regulação do sistema nervoso, a ativação enzimática, o desempenho físico e o equilíbrio ácido-base (Yang, 2009). Além disso, os lipídios presentes na castanha são fontes importantes de energia e essenciais para a absorção de vitaminas lipossolúveis e carotenóides (Cuppari, 2014). Dados disponíveis na literatura indicam que o consumo regular de castanhas comestíveis, como a sapucaia, pode beneficiar o perfil lipídico sérico, com efeitos já demonstrados em diferentes estudos (Jenkins et al., 2008; Sabaté et al., 2010; Damasceno et al., 2011; Damasceno et al., 2013).

Os teores proteicos da castanha de sapucaia podem variar entre 18% e 27%, valores considerados elevados em comparação com outras oleaginosas (Teixeira, 2018). Isso reforça seu potencial como fonte alternativa de proteína vegetal e sua importância para estudos voltados à segurança alimentar e à nutrição humana (Freitas et al., 2010).

A crescente demanda por alimentos funcionais provenientes de sistemas agrícolas sustentáveis contribui para que a sapucaia seja considerada uma candidata promissora para programas de melhoramento genético. Teixeira (2018) ressalta que as diferenças morfológicas, fisiológicas e químicas entre indivíduos da mesma espécie devem ser consideradas como reflexo da diversidade genética, reforçando a necessidade de estudos regionais para seleção de matrizes mais adequadas.

Diante desse panorama, destaca-se a necessidade de realizar análises detalhadas das castanhas de sapucaia provenientes da região do Baixo Amazonas. A escassez de dados

específicos sobre suas propriedades nutricionais e fitoquímicas nessa localidade representa uma lacuna na literatura. Considerando seu potencial de uso em diferentes formas alimentares e como ingrediente enriquecedor de produtos industrializados ou artesanais, ampliar o conhecimento sobre a espécie pode não apenas valorizar a cultura alimentar regional, mas também fomentar práticas sustentáveis de produção e consumo. Apesar de ser consumida tradicionalmente pela população local, os atributos nutricionais e o potencial socioeconômico da sapucaia permanecem subexplorados (Demoliner, 2018).

6. IMPORTÂNCIA DA DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE ALIMENTOS

A análise de alimentos representa uma área fundamental nas ciências que estudam os alimentos, abrangendo diferentes etapas da cadeia produtiva, desde o controle de qualidade até o processamento e o armazenamento. De acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), sua aplicação pode ser determinante na resolução de questões relacionadas à saúde pública, bem como no suporte às ações de vigilância sanitária e no desenvolvimento de inovações tecnológicas no setor alimentício.

A análise bromatológica, que compreende a avaliação da composição química, do valor nutricional e calórico dos alimentos, é baseada na determinação da composição centesimal. Esta análise expressa, em 100 gramas de amostra, os teores de umidade, cinzas (minerais), lipídios, proteínas, carboidratos e fibras alimentares, compondo assim o perfil nutricional do alimento em estudo (Instituto Adolfo Lutz 2008).

A determinação da composição centesimal é essencial para a elaboração de tabelas de composição de alimentos, rotulagem nutricional, formulação de dietas e cardápios balanceados, detecção de fraudes alimentares, e como base científica no desenvolvimento de novos produtos (Ribeiro; Seravalli, 2007). Essa análise também oferece suporte à legislação sanitária e aos padrões regulatórios exigidos para a comercialização de alimentos.

Entre os parâmetros analisados, o teor de umidade é um dos mais relevantes, pois influencia diretamente na estabilidade química e microbiológica do alimento. Alimentos com alto teor de água apresentam maior suscetibilidade à deterioração e menor tempo de prateleira. O método mais utilizado para essa determinação é a secagem em estufa, que se baseia na perda de peso da amostra após a evaporação da água (Silva; Tassi; Pascoal, 2016).

A quantificação de proteínas é fundamental para a avaliação do valor nutricional dos alimentos, especialmente no que se refere à ingestão de macronutrientes essenciais à saúde humana. A determinação é feita, em geral, pelo método de Kjeldahl, que quantifica o nitrogênio total presente na amostra por meio de três etapas: digestão, destilação e titulação (Oliveira et al, 2023).

Outro parâmetro importante é o conteúdo de cinzas, ou resíduo mineral fixo, que representa a fração inorgânica do alimento. Após a incineração da matéria orgânica, os minerais remanescentes – como potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) – permanecem como cinzas. Esses elementos são componentes essenciais da dieta e sua quantificação contribui para o entendimento do valor nutricional global do alimento (Instituto Adolfo Lutz 2008).

Portanto, a análise da composição centesimal não apenas contribui para o conhecimento detalhado das características químicas e nutricionais dos alimentos, como também serve de base para a garantia da qualidade, segurança alimentar e desenvolvimento de produtos inovadores, com benefícios diretos à saúde pública e à indústria alimentícia.

7. ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS E SUA RELAÇÃO COM OS BENEFÍCIOS À SAÚDE HUMANA

Os lipídios desempenham um papel fundamental na nutrição humana, sendo responsáveis por aproximadamente 34% da energia total da dieta. Como fornecem 9 kcal por grama, representam uma fonte altamente concentrada de energia, permitindo que os indivíduos obtenham aporte energético adequado mesmo com um consumo moderado de alimentos ricos em gordura (Krause et al., 2013).

Além de sua função energética, os lipídios exercem diversas funções biológicas essenciais, entre as quais se destacam: reserva energética, constituição estrutural das membranas celulares, atuação como combustível alternativo à glicose, isolamento térmico, elétrico e mecânico, e origem de moléculas sinalizadoras como hormônios e prostaglandinas (Costa & Peluzio, 2008).

Segundo as diretrizes da American Heart Association Arnett et al., (2019), recomenda-se que adultos saudáveis consumam menos de 10% das calorias totais provenientes de ácidos graxos saturados (AGS), sendo o limite de até 30% das calorias totais oriundas de gorduras um parâmetro utilizado para facilitar o controle do peso corporal e a redução dos AGS na dieta.

Entretanto, hábitos de vida inadequados, como o alto consumo de alimentos ultraprocessados, sedentarismo, estresse e baixa ingestão de alimentos naturais, têm sido associados a alterações metabólicas que favorecem o surgimento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como obesidade, diabetes tipo 2, dislipidemias, doenças cardiovasculares, síndrome metabólica e alguns tipos de câncer. O desenvolvimento dessas patologias está frequentemente relacionado a processos inflamatórios crônicos, resultantes de desequilíbrios entre fatores agressivos e os mecanismos de defesa do organismo (Bakker et al., 2010).

Diante desse cenário, a Sociedade Brasileira de Cardiologia (Izar et al., 2021), em seu posicionamento propõem a eliminação de ácidos graxos trans, a redução do consumo de AGS e o aumento do consumo de ácidos graxos insaturados, como os monoinsaturados (AGMI) e poli-insaturados (AGPI), em quantidades adequadas. Estudos epidemiológicos indicam que tanto o excesso de AGS quanto a ingestão insuficiente de AGPI estão associados ao aumento do risco cardiovascular. Ressalta-se que o impacto metabólico do consumo lipídico depende do contexto alimentar em que está inserido: a substituição de AGS por carboidratos refinados pode ser deletéria, ao passo que trocas isocalóricas por AGMI, AGPI ou carboidratos complexos tendem a gerar efeitos benéficos ao sistema cardiovascular.

Dentre os AGMI, destaca-se o ácido oleico (C18:1), amplamente presente no azeite de oliva, óleo de canola, abacate, azeitonas e oleaginosas (Bressan, 2009). O ácido oleico tem sido associado a diversos efeitos positivos à saúde, incluindo a modulação do perfil lipídico, a proteção cardiovascular, e potenciais ações no tratamento de câncer de mama, sobretudo em tumores com superexpressão do gene Her-2/neu (Menezes et al., 2005; Krisetherton et al., 1999; Larsen et al., 1999; Kinsella et al., 1990; Menéndez, 2005).

Pesquisas clássicas de Ahrens et al. (1957) já demonstraram que o consumo elevado de gorduras saturadas está fortemente relacionado ao aumento do colesterol sérico, enquanto a maioria dos ácidos graxos insaturados não promovem a elevação desse marcador, contribuindo para um perfil lipídico mais saudável.

Estudo realizado por Moreno et al., (2003) revelou que, embora a ingestão de gordura represente cerca de 39% da energia total da dieta — valor considerado elevado —, a taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares permanece baixa na população mediterrânea. Esse fenômeno tem sido atribuído ao alto consumo de AGMI, especialmente ácido oleico, cuja ingestão média é de aproximadamente 16% da energia total (Berry et al., 1991).

Resultados mais recentes também apontam efeitos imunomoduladores do ácido oleico. Em estudo conduzido por Moraes (2012), esse AGMI apresentou ação benéfica sobre diferentes aspectos da fisiopatologia da sepse, favorecendo a eliminação bacteriana, reduzindo alterações metabólicas deletérias, atenuando a inflamação sistêmica e diminuindo a mortalidade em modelos experimentais com camundongos sépticos.

No tocante ao metabolismo lipídico, compreende-se que processos como digestão, absorção, transporte e distribuição de lipídios são altamente complexos. A ingestão adequada de diferentes ácidos graxos tem efeitos relevantes sobre a composição das lipoproteínas plasmáticas e a produção de eicosanoides, com destaque para o papel dos antioxidantes na manutenção da integridade celular e da saúde metabólica (Cozzolino, 2016).

No contexto dos alimentos amazônicos, as castanhas de sapucaia (*Lecythis pisonis*) têm chamado a atenção por sua composição nutricional rica em ácidos graxos insaturados, especialmente ácido oleico (C18:1) e ácido linoleico (C18:2), além de compostos fenólicos com reconhecida ação antioxidante. Este perfil lipídico é considerado favorável à saúde, com potencial para aplicação funcional e nutracêutica (Freitas & Naves, 2010; Teixeira, 2017).

8. CONCLUSÃO

A castanha de sapucaia representa um valioso recurso da biodiversidade amazônica, com grande potencial para uso alimentar e nutracêutico. A exploração sustentável desse fruto pode impulsionar o desenvolvimento regional, promovendo a geração de renda para comunidades locais, a valorização do conhecimento tradicional e a conservação dos ecossistemas. Sua composição rica em ácidos graxos insaturados e compostos bioativos a torna uma alternativa promissora para o mercado de alimentos funcionais, alinhando saúde e inovação com responsabilidade socioambiental. Investir na pesquisa, processamento e comercialização da sapucaia é essencial para fortalecer cadeias produtivas locais, reduzir a dependência de produtos importados e estimular a bioeconomia na Amazônia, transformando a rica diversidade natural da floresta em oportunidades reais de crescimento sustentável para a região e para o país.

REFERÊNCIAS

[1] AHRENS, E.M., HIRSCH, J., INSULL, W., TSALTAS, T.T., BLOMSTRAND, R., PETERSON, M.L. The influence of dietary fats on serum lipids in man. **Lancet**, London, v.272, p.943-953, 1957.

[2] ALMEIDA, C. P. de. **Castanha do Pará: sua exportação e importância na economia amazônica.**

Ministério da Agricultura**.** Rio de Janeiro. 1963 p 33.

[3] ARBORETUM. **Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal.** Disponível em: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/53/sapucaia> Acesso em: 14 de abril de 2022.

[4] Arnett, D. K., Blumenthal, R. S., Albert, M. A., Buroker, A. B., Goldberger, Z. D., Hahn, E. J., ... & Ziaeian, B. (2019). *ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines*. **Journal of the American College of Cardiology, 74**(10), e177–e232. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.03.010

[5] BAKKER, G.C.M.; ERK, M.J.; PELLIS, L.; WOPEREIS, S.; RUBINGH, C.M.; CNUBBEN, N.H.P., KOOISTRA, T.; OMMEN, B.; HENDRIKS, H.F.J. An anti-inflammatory dietary mix modulates inflammation and oxidative and metabolic stress in overweight men: a nutrigenomics approach. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.91, p.1044-59, 2010.

[6] BARRETO, K. G.; Moreira, L. L. P. F.; Gomes, J. S. X.; Matos, C. R. R.; Mathias, L. Perfil Fitoquímico e Avaliação da Atividade Antioxidante e Citotóxica de um Espécime de Lecythis pisonis Cambess. (Lecythidaceae). **Revista Virtual de Química**. v. 12 n. 6. 2020.

[7] BERRY, E.M., EISENBERG, S., HARATZ, D., FRIEDLANDER, Y., NORMAN, Y., KAUFFMANN, N.A., STEIN, Y. Effects of diet rich in monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins ž the Jerusalem Nutrition Study: high MUFAs x high PUFAs. American **Journal Clinical of Nutrition**, Bethesda, v.53, p.899-907, 1991.

[8] BRANDÃO, M. S.; PEREIRA, S. S.; LIMA, D. F.; OLIVEIRA, J. P. C.; FERREIRA, E. L. F.; CHAVES, M. H.; ALMEIDA, F. R. C. Antinociceptive effect of *Lecythis pisonis* Camb. (Lecythidaceae) in models of acute pain in mice. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 146, p. 180-186, 2013.

[9] BRESSAN J., HERMSDORFF H.H., ZULET M.A., MARTÍNEZ J.A. Hormonal and inflammatory impact of different dietetic composition: emphasis on dietary patterns and specific dietary factors. **Arq Bras Endocrinol Metabol**. 2009;53(5):572-81. http://dx.doi.org/10.1590/S0004- 27302009000500010. PMid:19768248.

[10] CAMARGOS, J.A. A.; CORADIN, V.T.R.; CZARNESKI, C.M.; OLIVEIRA, D. de; MEGUERDITCHIAN, I. **Catálogo de árvores do Brasil. Brasília**, DF: IBAMA, 2002. 896 p.

[11] CAMBESSEDES, J. Lecythis pisonis. In: SAINT-HILAIRE, A. de; CAMBESSÈDES, J.; JUSSIEU, A. de. **Flora Brasiliae Meridionalis** (quarto ed.) v. 2, n. 20, p. 377. 1829. Disponível em: http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_obrasraras/or269508/or269508.pdf

[12] CARVALHO, I M.M. et al. Caracterização química da castanha de sapucaia (lecythis pisonis Cambess.) Da região da zona da mata mineira. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 971-977, Nov./Dec. 2012

[13] CARVALHO, I.M.M. **Composição e efeito da castanha de sapucaia *(lecythis pisonis cambes.)* Nos parâmetros bioquímicos, histológicos e inflamatórios em ratos alimentados com a dieta de cafetaria** . Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia molecular de plantas; Bioquímica e Biologia molecular animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

[14] CARVALHO, M.G. et al. Avaliação dos parâmetros físicos e nutricionais de amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurgueia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 517- 523, 2008.

[15] CARVALHO. P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2006. 627 p. v. 2.

[16] CASAS-AGUSTENCH, P.; BULLÓ, M.; ROS, E.; BASORA, J.; SALAS-SALVADÓ, J. Cross-sectional association of nut intake with adiposity in a Mediterranean population. **Nutrition Metabolism and Cardiovascular Disease,** n.21, v.7, p.518-525, 2009.

[17] CAVALCANTE, P. B. **Frutas Comestíveis da Amazônia**. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Museu Paraense Emilio Goeldi, Publicações Avulsas, Belém, PA, 1972.

[18] CONCEIÇÃO, G.R. et al. Composição química e nutricional da lecythis pisonis Cambess (castanha sapucaia): parâmetro para diálogos etnográficos e resgate da culinária regional. **Simpósio Brasileiro de Educação Química**, Manaus AM, 2017 Disponível em: http://www.abq.org.br/simpequi/2017/trabalhos/90/10742-24097.html Acesso em: 14 de abril de

2022.

[19] COSTA, N.M.B.; PELUZIO, M.C.G. **Nutrição Básica e Metabolismo**. Universidade Federal de Viçosa, 1 ed. Viçosa, MG, 2008.

[20] COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes** 5. ed. rev. e atual. -- Barueri, SP. Manole, 2016.

[21] CUPPARI, L. **Guia de nutrição**: clínica no Adulto. Manole, 3 ed. Manole. Barueri, SP, 2014.

[22] DAMASCENO, N.R.T.; PÉREZ-HERAS, A.; SERRA, M.; et al. Crossover study of diets enriched with virgin olive, walnuts or almonds. Effects on lipids and other cardiovascular risk markers. **Nutr. Metab. Cardiovasc**. Dis., v.21, p.s14-s20, 2011.

[23] DAMASCENO, N.R.T.; SALA-VILA, A.; COFÁN, M.; PÉREZHERAS, A.; FITÓ, M.; RUIZ-GUTIÉRREZ, V.; MARTÍNEZGONZÁLEZ, M.A.; CORLLA, D.; ARÓS, F.; ESTRUCH, R.; ROS, E. Mediterranean diet supplemented with nuts reduces waist circumference and shifts lipoprotein subfractions to a less atherogenic pattern in subjects at high cardiovascular risk. **Atherosclerosis,** v. 230, n.2, p.347- 353, 2013.

[24] DEMOLINER, F.; DE BRITTO POLICARPI, P.; RAMOS, J. C.; BASCUÑAN, V. L. A. F.; FERRARI, R. A.; JACHMANIÁN, I.; BLOCK, J. M. Sapucaia nut (Lecythis pisonis Cambess) and its by-products: A promising and underutilized source of bioactive compounds. Part I: Nutritional composition and lipid profile. **Food Research International**, 108, 27-34 2018.

[25] DEMOLINER, F.; DE BRITTO POLICARPI, P.; VASCONCELOS, L. F. L.; VITALI, L.; MICKE, G. A.; BLOCK, J. M. Sapucaia nut (Lecythis pisonis Cambess) and its by-products: A promising and underutilized source of bioactive compounds. Part II: Phenolic compounds profile. **Food Research International**, 112, 434-442, 2018.

[26] FRANCO, E.A.P.; BARROS, R.F.M. Uso e Diversidade de plantas Medicinais no Quilombo Olho D'agua dos Pires, Esperantina, Piaui. **Revista Brasileira de Medicina**, v.8, n.3, p.78-88, 2006.

[27] FREITAS, J.B.; NAVES, M.M.V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, 2010.

[28] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.

[29] ITTO. **Sapucaia (Lecythis pisonis).** Disponível em: <http://www.tropicaltimber.info/pt-br/specie/sapucaia-lecythis-pisonis/>. Acesso em: 14 de abril de 2022.

[30] IZAR, M.C.O.; LOTTENBERG, A.M.; GIRALDEZ, V.Z.R.; SANTOS FILHO, R.D.S,; MACHADO, R.M.; BERTOLAMI, A. et al. Posicionamento sobre o Consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular – 2021. **Arq Bras Cardiol**. 2021; 116(1):160-212

[31] JENKINS, D. J.; KENDALL, C. W.; MARCHIE, A.; JOSSE, A. R.; NGUYEN, T. H.; FAULKNER, D.; LAPSELY, K.G.; BLUMBERG, J. Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemicsubjects. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 138, n. 5, p. 908-13, 2008.

[32] KINSELLA J. E., LOKESH B., STONE R. A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **Am J Clin Nutr**; v. 52, p. 1-28, 1990.

[33] KRIS-ETHERTON, P.M.; PEARSON, T.A.; WAN, Y.; HARGROVE, R.L.; MORIATRTY, K.; FISHELL, V.; ETHERTON, T.D. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.1009-1015, 1999.

[34] LARSEN, L.F.; JESPERSEN, J.; MARCKMANN, P. Are olive oil diets antithrombotic? Diets enriched with olive, rapeseed, or sunflower oil affect postprandial factor VII differently. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.976-982, 1999.

[35] LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

[36] MENENDEZ, JA, Vellon L, Colomer R, Lupu R. Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erbB-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. **Ann Oncol**. 2005 Mar; 16(3):359-71. doi: 10.1093/annonc/mdi090. Epub 2005 Jan 10. PMID: 15642702.

[37] MENEZES, J.A.; VELLON, L.; COLOMER, R.; LUPU, R. Oleic acid, the main monounsaturated fatty

acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erbB-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin™) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. **Annals of oncology**, 16(3), 359-371, 2005.

[38] MIERS, J. **On the Lecythidaceae. In: Transactions of the Linnean Society of London**. London: Taylor and Francis, 1874. v. 30. p. 157-318.

[39] MOHAMMAD AZMIN, S. N. H. *et al*. Uma revisão sobre os avanços recentes em pigmentos vegetais naturais em alimentos: funções, extração, importância e desafios. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 194, p. 4655-4672, 2022.

[40] MORAES, I. M.M.de. **Efeito do ácido oleico na resposta inflamatória e metabólica na sepse experimental** / Isabel Matos Medeiros de Moraes. – Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, RJ, 2012.

[41] MORI, M. **Castanha da Mata Atlântica, sapucaia começa a aparecer nas cozinhas brasileiras.** Gazeta do Povo. 2019. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/bomgourmet/produtos-ingredientes/castanha-sapucaia-mata-atlantica> Acesso em: 16 de abril de 2022.

[42] MORI, S.A.; PRANCE, G. T. The "sapucaia" group of Lecythis (Lecythidaceae). **Brittonia**, v. 33, n. 1. 70-80 p. 1981.

[43] MORENO, L. A.; GONZÁLEZ-GROSS, M.; GIL, A.; ORTEGA, R. M.; VILLALPANDO, S.; GARCÍA-FUENTES, M.; GIL, F.; VARELA-MOREIRAS, G. The nutrition transition in Spain: a European Mediterranean country. **European Journal of Clinical Nutrition,** v. 57, n. 8, p. 992–1000, 2003.

[44] OLIVEIRA Z. B. de; BENTES F. N. C.; JÚNIOR A. Q. da S. Composição nutricional da castanha de Sapucaia (Lecythis pisonis Cambess), proveniente de Santarém – PA. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 9, p. e13487, 25 set. 2023.

[45] PINTO, I. G. **As plantas ornamentais dos logradouros da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Leandra, 1975. 190 p.

[46] RIBEIRO, E. P.; SERAVALI, E. A. G. **Química dos Alimentos.** 2ª Edição. Edgar Blucher, São Paulo. 184p, 2007.

[47] RIGO, N. **Castanha de sapucaia, uma iguaria amazônica.** Disponível em: <https://paladar.estadao.com.br/noticias/comida,castanha-de-sapucaia-uma-iguaria-amazonica,70002398819> Acesso em: 15 de abril de 2022.

[48] ROSA, T.L.M.; DE ARAUJO, C.P.; KAMKE, C.; FERREIRA, A.; DA SILVA FERREIRA, M.F.; DE OLIVEIRA, J.P.B.; ALEXANDRE, R. S. Sapucaia nut: Morphophysiology, minerals content, methodological validation in image analysis, phenotypic and molecular diversity in Lecythis pisonis Cambess. **Food Research International**, 137, 109383, 2020. Epub 2020 Jun 4. PMID: 33233085.

[49] SABATÉ, J.; ODA, K.; ROS, E. Nut consumption and bood lipid levels: a pooled analysis of 25 intervention trials. **Arch Intem. Med**., v.170, p.821-827, 2010.

[50] SALVADOR, Fr. V. **História do Brasil**. Livro 1. Imprensa Nacional. p.9. Rio de Janeiro. 1887. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/bn000138.pdf Acesso em: 14 de abril de 2022.

[51] SILVA, L.L.; GOMES, B.S.; SOUSA-NETO, B.P.; OLIVEIRA, J.P.; FERREIRA, E.L.; CHAVES, M.H.; OLIVEIRA, F.A. Effects of Lecythis pisonis Camb. (Lecythidaceae) in a mouse model of pruritus. **J Ethnopharmacol**. 2012 Jan 6;139(1):90-7. doi: 10.1016/j.jep.2011.10.023. Epub 2011 Oct 28. PMID: 22063727.

[52] SILVA, B. P; PINHEIRO, V. J; BARBOSA, I. C. Avaliação das características físico-químicas da castanha do Brasil (Bertholletia excelsa) e da castanha portuguesa (Castanea sativa mill.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 15, n. 2 (2011) ISSN:1981-3686 Disponível em: < https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/14506. > Acesso em: 14 de novembro de 2022.

[53] SILVA, C. O.; TASSI, E. M. M.; PASCOAL, G. B. P. **Ciência dos Alimentos** - Princípios de Bromatologia. 1ª edição. Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

[54] TEIXEIRA, G. L. AVILA, S.; SILVEIRA, J.L.M.; RIBANI, M.; RIBANI, R.H. Chemical, thermal and rheological properties and stability of sapucaia (Lecythis pisonis) nut oils: A potential source of vegetable oil in industry. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, p. 1–17, 2017.

[55] TEIXEIRA, G. L.; GHAZANI, S. M.; CORAZZA, M. L.; MARANGONI, A. G.; RIBANI, R. H. Assessment of subcritical propane, supercritical CO2 and Soxhlet extraction of oil from sapucaia (*Lecythis pisonis*) nuts. **The Journal of Supercritical Fluids**.V. 133, p. 122-132, 2018.

[56] VALLILO, M.I.; TAVARES, M.; PIMENTEL, S.A.; BADOLATO, E.S.G.; INOMATA, E.I. Caracterização química parcial das sementes de Lecythis pisonis camb. (Sapucaia). **Acta Amazônica** [online]. 1998, v. 28, n. 2 [Acessado 16 abril 2022], pp. 131. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282140>. ISSN 1809-4392. https://doi.org/10.1590/1809-43921998282140.

[57] VIEIRA, M.E.B.; VASCONCELOS, I.M.; MACHADO, O.L.T.; GOMES, V.M.; CARVALHO, A.D.O. Isolation, Characterization and Mechanism of Action of an Antimicrobial Peptide from Lecythis Pisonis Seeds with Inhibitory Activity Against Candida Albicans. **Acta biochimica et biophysica Sinica** 47.9 (2015): 716–729. Web.

[58] WICKENS, G. E. **Edible nuts**. Roma: FAO, 1995. 198 p. (Non Wood Forest Products, 5). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, p. 60-71, 1995.

[59] YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **Food Science and Technology,** Oxford, v. 42, p. 1573-1580, 2009.

Capítulo 7

Helianthus tuberosus: um alimento funcional com potencial bioativo e perspectivas na ciência dos alimentos

Elienae da Silva Gomes
Adriela Albino Rydlewski
Alexandra Perdigão Maia de Souza
Bianca Pazinato
Camila Calistro Miculis
Elizangela Regina da Silva Martins
Julie Suzan da Silva
Luana Cruz Muxfeldt
Luana Morais Antonini
Mayara Zagoto
Nicolas Bueno Mordhost Zeraik
Simone Maria Altoé Porto

Resumo: Alimentos funcionais são aqueles que, além de fornecerem nutrientes essenciais, contêm compostos bioativos capazes de promover efeitos benéficos à saúde, prevenindo doenças ou melhorando funções fisiológicas. O *Helianthus tuberosus* (tupinambo) destaca-se nesse contexto por ser uma fonte natural de inulina e frutanos, fibras prebióticas que modulam a microbiota intestinal, auxiliam no controle glicêmico e apresentam potencial antioxidante e cardioprotetor, caracterizando-o como um alimento funcional promissor para aplicações na saúde e na alimentação. O *Helianthus tuberosus*, conhecido popularmente como tupinambo ou alcachofra-de-Jerusalém, é um tubérculo rico em inulina e compostos bioativos, com aplicações crescentes na ciência dos alimentos. Sua composição nutricional, aliada ao potencial funcional na modulação da microbiota intestinal, redução do índice glicêmico e efeito antioxidante, evidencia sua importância como alimento funcional. Este capítulo apresenta os aspectos botânicos, composição, propriedades bioativas e perspectivas futuras desse tubérculo na promoção da saúde e no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Palavras-chave: *Helianthus tuberosus*, tupinambo, inulina, compostos bioativos, alimentos funcionais.

1. INTRODUÇÃO

O interesse por alimentos funcionais cresceu substancialmente nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de estratégias dietéticas para prevenção de doenças crônicas e pela demanda do consumidor por ingredientes naturais com benefícios à saúde (Tapera *et al*., 2024).

Da mesma forma, esse alimento tradicionalmente consumido em algumas regiões, tem despertado interesse científico por suas propriedades funcionais associadas a polifenóis, minerais e fibras solúveis, que podem contribuir para efeitos benéficos sobre o metabolismo e a saúde digestiva. A combinação desses alimentos funcionais abre perspectivas promissoras para a formulação de produtos alimentícios inovadores, capazes de aliar sabor, nutrição e promoção da saúde. O aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares, tem incentivado a busca por alimentos funcionais capazes de atuar na prevenção e no manejo dessas condições. Nesse contexto, o *Helianthus tuberosus* (tupinambo) tem se destacado devido ao seu elevado teor de inulina, fibra solúvel com reconhecida ação prebiótica, e à presença de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes (Sawicka *et al*., 2025).

Além do valor nutricional, o tubérculo apresenta características agronômicas relevantes, como rusticidade, tolerância a solos pobres e resistência a estresses climáticos, fatores que reforçam seu potencial na segurança alimentar e na sustentabilidade agrícola (BMC Plant Biology, 2025). Assim, compreender sua composição e aplicações na ciência dos alimentos é essencial para consolidá-lo como ingrediente funcional de destaque.

Dessa maneira, o *Helianthus tuberosus* (tupinambo) destaca-se por armazenar inulina como carboidrato principal nos tubérculos e por conter uma matriz de fitoquímicos com atividade antioxidante e moduladora da microbiota intestinal (Tapera *et al*., 2024; Rubel *et al*., 2021). *Helianthus tuberosus* está entre as plantas medicinais atualmente consideradas em todo o mundo. *Helianthus tuberosus L.* são uma espécie perene nativa da América do Norte. Esta planta foi introduzida na Europa e na Ásia como uma cultura cultivada e agora é cultivada nessas regiões, bem como em outras partes do mundo (Liava *et al*.,2021).

Os tubérculos e partes aéreas de Helianthus tuberosus L. (alcachofra de Jerusalém) possuem propriedades nutricionais e terapêuticas. A alcachofra de Jerusalém tem sido utilizada para diversas aplicações, incluindo seu uso como fonte de alimento funcional.(Tapera, 2024).

Além disso, a alcachofra de Jerusalém é uma rica fonte de um polissacarídeo indigestível chamado inulina, que serve como um prebiótico que melhora a saúde gastrointestinal. Esta planta tem sido usada globalmente ao longo da história como suplemento alimentar, para tratamento da dor, para reduzir inchaços e para estimular o sistema imunológico, bem como para tratar feridas na pele na medicina popular (Skiba et al., 2023).

É uma fonte abundante de compostos bioativos, como ácidos fenólicos, cumarinas e flavonoides, que são conhecidos por exercer atividades farmacológicas, incluindo propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias. A literatura sobre seu potencial como agente antidiabético, anticancerígeno, antifúngico, antiviral e antiobesidade, entre outros, é escassa (Tapera, 2024) razão pela qual este capítulo busca contribuir para a compreensão de suas propriedades funcionais e perspectivas de aplicação.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. ASPECTOS BOTÂNICOS

Helianthus tuberosus pertence à família Asteraceae e é uma espécie perene originária da América do Norte, adaptável a diferentes condições edafoclimáticas, o que facilita sua produção em diversas regiões do mundo (Tapera et al., 2024). O tubérculo apresenta formas e colorações variadas e é cultivado tanto para alimentação humana quanto para uso em rações e biorefinarias (Tapera *et al*., 2024).

Seus tubérculos armazenam carboidratos na forma de inulina, que pode representar de 10% a 20% da matéria fresca e até 70% da matéria seca (Showkat *et a*l., 2019). A inulina é o principal componente bioativo do tupinambo, com comprovados efeitos prebióticos. Estudos clínicos apontam que seu consumo regular pode aumentar a população de bifidobactérias no intestino, promovendo equilíbrio da microbiota e melhoria na absorção de minerais Essa fibra solúvel é responsável pela maior parte de suas propriedades funcionais, especialmente pela capacidade de atuar como substrato para a microbiota intestinal (Sawicka et al., 2025).

Além da inulina, o *H. tuberosus* contém compostos fenólicos, flavonoides e ácidos clorogênicos em concentrações variáveis entre 1,2 e 2,8 g/kg, conforme o genótipo e estágio de maturação (Showkat *et al*., 2019). Minerais como potássio, fósforo e ferro, bem como proteínas e aminoácidos essenciais, complementam o perfil nutricional do tubérculo (Sawicka *et al*., 2025).

Os tubérculos do tupinambo apresentam elevada proporção de carboidratos sob a forma de inulina (fructanos do tipo inulina), com conteúdo que pode variar conforme cultivar, manejo e armazenamento; valores reportados situam-se frequentemente entre ~15–40% em base fresca e até >60% em matéria seca dependendo das condições (Rubel et al., 2021; Judprasong et al., 2018).

A figura 1 demonstra Imagens de Helianthus tuberosus (tupinambo).

Figura 1. *Helianthus tuberosus* (tupinambo)

Fonte: (Wang et al. ,2025).

2.2. APLICAÇÕES EM ALIMENTOS FUNCIONAIS

O tupinambo tem sido incorporado em diferentes matrizes alimentares, como pães, bolos, biscoitos, iogurtes e bebidas fermentadas. Em panificados, a adição de 10 a 20% de farinha de tupinambo aumenta o teor de fibra dietética em até 15% e melhora a capacidade antioxidante do produto final (Diez., 2025).

Na indústria de laticínios, o uso de inulina extraída do tubérculo atua como prebiótico e também como ingrediente tecnológico, melhorando a textura e estabilidade de iogurtes e sobremesas lácteas (Sawicka et al., 2025).

Assim, seu uso alia benefícios funcionais e vantagens tecnológicas no processamento de alimentos. As aplicações na indústria alimentícia incluem seu uso como adoçante de baixa caloria, substituto de gordura, intensificador de fibras e ingrediente prebiótico em produtos como iogurtes, cereais, sobremesas, barras nutricionais, bebidas e sorvetes (Gibson *et al*.,2010) Especificamente, pesquisas nos últimos anos sobre produtos voltados para a saúde mostraram o uso da inulina na obtenção de biscoitos saudáveis de baixa energia, pão hipoglicêmico com potencial antioxidante para diabéticos, barras de cereais com capacidade prebiótica e como um substituto saudável para gordura animal em produtos cárneos, entre outras aplicações (Diaz *et al*.,2019; Burnete et al.,2020; Zhu *et al*.,2020).

Embora a inulina comercial seja tipicamente derivada da raiz de chicória, os tubérculos de alcachofra de Jerusalém também são uma fonte promissora de inulina (Khuenpet *et al* .,2018). A utilização abrangente dos tubérculos de alcachofra de Jerusalém para a produção de ingredientes, além da inulina, fornece outros compostos nutricionais encontrados no tubérculo, como compostos fenólicos e minerais, entre outros (Kleessen *et al.*,2007.

Essa abordagem elimina a necessidade de um processo extrativo para recuperar a inulina como aditivo alimentar, o que normalmente requer maior consumo de energia e gera efluentes, resultando em uma pegada de carbono maior e altos custos associados (ZHU et al.,2020) Um processo típico para a produção de inulina inclui três etapas principais: pré-tratamento, extração e purificação.

3. BENEFÍCIOS FUNCIONAIS DO *Helianthus tuberosus* L

O consumo de *Helianthus tuberosus* tem se mostrado eficaz no controle glicêmico e na modulação da microbiota intestinal. Em um estudo clínico realizado com 37 idosos saudáveis (idade média de 75 anos), a ingestão diária de 5 g de pó do tubérculo antes do café da manhã reduziu significativamente os níveis de glicose pós-prandial em comparação ao consumo no jantar, além de melhorar o perfil da microbiota intestinal, sugerindo sua aplicação funcional no manejo metabólico (Kim *et al*.,2020).

Os extratos de *H. tuberosus L* apresentam atividade antioxidante elevada, devido à presença de ácidos fenólicos, como o ácido clorogênico e o ácido 1,5-dicafeoilquínico. Esses compostos foram capazes de neutralizar radicais livres de forma expressiva em diferentes ensaios antioxidantes, com baixa citotoxicidade, o que reforça seu potencial como ingrediente funcional na prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo (Sharopov *et al*.,2020).

Os polissacarídeos isolados do tupinambo demonstram propriedades anti-inflamatórias relevantes. Em modelo de edema induzido por carragenina, a administração de

polissacarídeos de *H. tuberosus* reduziu o volume do edema em até 76% em 8 horas, além de modular a expressão de citocinas pró-inflamatórias como TNF-α, IL-1β e IL-6, sugerindo um potencial comparável ou até superior a fármacos anti-inflamatórios convencionais (Generalov *et al*., 2025).

Estudos em modelos animais também destacam o papel do tupinambo no controle da obesidade induzida por dietas ricas em gordura. A suplementação com bebidas fermentadas ou sacarificadas de *H. tuberosus L* em camundongos reduziu significativamente o peso corporal, a massa de tecido adiposo e a gordura hepática, mostrando efeito benéfico na prevenção de complicações metabólicas associadas à obesidade (Son *et al*.,2023).

Além disso, a inclusão de 10% de tubérculos de H. tuberosus na dieta de ratos durante 10 semanas resultou em melhora da tolerância à glicose e redução dos níveis hepáticos de triglicerídeos e colesterol total, além de aumentar a excreção fecal de lipídios, evidenciando um papel na prevenção de distúrbios metabólicos (Okada *et al*.,2017).

Outro benefício relevante é a atividade anticâncer in vitro. Extratos de tubérculo de tupinambo foram capazes de inibir em até 78% a proliferação de células de câncer colorretal (HT-29), além de induzirem apoptose tardia, fragmentação de DNA e parada do ciclo celular na fase G1, indicando potencial uso em estratégias preventivas ou adjuvantes contra o câncer (Afoakwah *et al* .,2023.

Por fim, foi demonstrado que polissacarídeos do tupinambo apresentam propriedades radioprotetoras. Em estudo com camundongos submetidos à radiação ionizante, esses compostos reduziram o número de micronúcleos na medula óssea e aumentaram a taxa de sobrevivência dos animais, sem apresentar toxicidade aparente, configurando-se como candidatos promissores na proteção contra danos radiológicos (Generalov et al., 2024). Na tabela 1 são descritos os benefícios de *Helianthus tuberosus* (Tupinambo).

Tabela 1. Benefícios do *Helianthus tuberosus* (Tupinambo)

Benefícios	Descrição	Fonte
Prebiótico (inulina e frutanos)	Estimula crescimento de bifidobactérias e lactobacilos, melhora microbiota intestinal e trânsito gastrointestinal.	Roberfroid (2007); Wang et al. (2020)
Controle glicêmico	Inulina e fibras reduzem índice glicêmico dos alimentos, auxiliando no manejo do diabetes tipo 2.	Kaur & Gupta (2002); Gao et al. (2019)
Redução do colesterol	Consumo regular contribui para diminuição de colesterol sérico e triglicerídeos.	Letexier, Diraison & Beylot (2003)
Saúde óssea	Inulina aumenta absorção de cálcio e magnésio no intestino, favorecendo saúde óssea.	Scholz-Ahrens et al. (2007)
Efeito antioxidante	Compostos fenólicos e flavonoides neutralizam radicais livres e reduzem estresse oxidativo.	Yuan et al. (2018); Catană et al. (2018)
Saúde cardiovascular	Ação conjunta de fibras, minerais (K e Mg) e antioxidantes auxilia na regulação da pressão arterial e saúde vascular.	Niu et al. (2021)
Apoio imunológico	Prebióticos e antioxidantes modulam resposta imune, aumentando resistência a infecções.	Wu et al. (2019)
Potencial anticâncer	Estudos in vitro apontam que inulina e fenólicos podem inibir proliferação celular tumoral.	Song et al. (2015)

Fonte: Tabela elaborada pelos autores a partir das referências mencionadas.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS DE *Helianthus tuberosus* (TUPINAMBO) NO DESENVOLVIMENTO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS

Como prebiótico e saúde metabólica sua atuação para intervenções alimentares, devido ao seu elevado teor de inulina/frutano, o tupinambo tem forte potencial como ingrediente prebiótico para modular a microbiota intestinal e, por consequência, melhorar marcadores metabólicos (glicemia, sensibilidade à insulina, perfil lipídico) (Alonso-Allende et al., 2024; Takahashi et al., 2022).

Ensaios humanos e revisões recentes indicam redução de glicemia pós-prandial e efeitos benéficos na composição microbiana após consumo de raízes ricas em inulina, o que abre caminho para estudos clínicos controlados maiores e para formulações alimentares dirigidas a pré-diabéticos e diabéticos (Alonso-Allende et al., 2024; Takahashi et al., 2022).

Na Incorporação em produtos alimentares funcionais e ingredientes industriais é utilizado a extração e a utilização do inulínico do tupinambo como ingrediente (pó, extrato ou concentrado) favorecem aplicações em pães de baixo índice glicêmico, snacks extrudados, bebidas e produtos lácteos fermentados; tecnologias recentes de processamento (desidratação, inativação de inulinase, microencapsulação) permitem preservar atividade pré-biótica e propriedades sensoriais, facilitando sua adoção industrial como insumo funcional. Estudos de desenvolvimento de produtos demonstram viabilidade tecnológica e aceitabilidade sensorial quando bem formulados. (Rubel *et al*., 2021; Zhang *et al*., 2021; Arisut *et al*., 2025).

Como potencial de biodisponibilidade e atividade dos fitoquímicos e caminho para nutracêuticos, além da inulina, os tubérculos contêm fenólicos, flavonoides e outros compostos antioxidantes com atividade in vitro e in vivo indicativa de efeitos anti-inflamatórios e citoprotetores; pesquisas futuras devem focar na caracterização química padronizada, biodisponibilidade em humanos e formulações que maximizem a estabilidade desses compostos para uso como nutracêuticos ou extratos padronizados. Esse esforço requer metodologias analíticas consistentes e estudos toxicológicos/regulatórios. (Kaszás et al., 2024; Afoakwah et al., 2022).

Na sustentabilidade, diversificação agrícola e segurança de fornecimento,o *helianthus tuberosus* é adaptável a solos marginais e apresenta alta produtividade; seu cultivo pode integrar sistemas agrícolas sustentáveis e cadeias curtas de valor para produção de ingredientes funcionais locais. Perspectivas futuras incluem seleção de cultivares com maior conteúdo de inulina/compostos bioativos, práticas de pós-colheita que preservem qualidade e políticas de incentivo à cadeia produtiva para reduzir custos e expandir oferta. (Tapera *et al*., 2024).

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o *Helianthus tuberosus* destaca-se como alimento funcional de elevado potencial, graças à presença de inulina, compostos fenólicos e outros nutrientes que promovem benefícios à saúde. Além de aplicações na prevenção de doenças metabólicas e cardiovasculares, o tubérculo apresenta vantagens tecnológicas e ambientais que o tornam atrativo para a indústria de alimentos.

É fato a sua contribuição em pesquisas científicas e na ciência de alimentos, mas, para sua consolidação como ingrediente funcional, são necessários avanços em pesquisas clínicas,

regulamentação, inovação tecnológica e estratégias de mercado. Nesse contexto, as perspectivas futuras apontam para a integração do *Helianthus tuberosus* em formulações alimentares funcionais, no desenvolvimento de nutracêuticos e na diversificação de sistemas agrícolas sustentáveis, consolidando-o como um recurso estratégico tanto para a saúde humana quanto para a indústria de alimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

REFERÊNCIAS

[1] AFOAKWAH, N. A.; ZHAO, Y.; DONG, Y. Biological functionality and characteristics of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tuber extracts. Acta Alimentaria, v. 52, n. 1, p. 12-26, 2023.

[2] ALONSO-ALLENDE, R. et al. Inulin from Jerusalem artichoke tubers: Recent advances on health benefits and food applications. Food Research International, v. 174, p. 113610, 2024. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113610.

[3] ARISUT, J. et al. Development of extruded snacks enriched with Jerusalem artichoke powder: Technological and functional properties. LWT – Food Science and Technology, v. 187, p. 116000, 2025. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116000.

[4] BURNETE, Anda-Grațiela et al. Use of vegetable functional ingredients to achieve hypoglycemic bread with antioxidant potential, for diabetics. Scientific Papers. Series B. Horticulture, v. 64, n. 2, 2020.

[5] CATANĂ, L. et al. Valorification of Jerusalem artichoke tubers (Helianthus tuberosus) for achieving of functional ingredient with high nutritional value. Scientific Bulletin Series F. Biotechnologies, v. 22, p. 83-88, 2018.

[6] CATANĂ, L.; CATANĂ, M.; IORGA, E.; LAZĂR, A. G.; LAZĂR, M.-A.; TEODORESCU, R. I.; ASĂNICĂ, A. C.; BELC, N.; IANCU, A. Valorification of Jerusalem artichoke tubers (Helianthus tuberosus) for achieving of functional ingredient with high nutritional value. (Pó funcional) Revista Alife-Journal / instituto de pesquisa — Romênia, 2018.

[7] Chauhan, D. S., Vashisht, P., Bebartta, R. P., Thakur, D., & Chaudhary, V. (2025). Jerusalem artichoke: A comprehensive review of nutritional composition, health benefits and emerging trends in food applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 24(1), e70114.

[8] DIAZ, Andrea et al. Jerusalem artichoke tuber flour as a wheat flour substitute for biscuit elaboration. Lwt, v. 108, p. 361-369, 2019.

[9] DIEZ, Susana et al. Functional ingredients based on Jerusalem artichoke: technological properties, antioxidant activity, and prebiotic capacity. In: Biology and Life Sciences Forum. MDPI, 2025. p. 24.

[10] GAO, Q. et al. Inulin supplementation improves insulin resistance and hepatic steatosis in type 2 diabetes. Nutrition & Metabolism, v. 16, n. 1, p. 33, 2019.

[11] GENERALOV, Evgenii et al. Anti-Inflammatory Effects of Helianthus Tuberosus L. Polysaccharide and Its Limited Gene Expression Profile. International Journal of Molecular Sciences, v. 26, n. 16, p. 7885, 2025.

[12] GENERALOV, Evgenii et al. Polysaccharide from Helianthus tuberosus L. as a potential radioprotector. Biochemical and Biophysical Research Communications, v. 733, p. 150442, 2024.

[13] GIBSON, Glenn R. et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2010.

[14] JUDPRASONG, K. et al. Nutrients and natural toxic substances in commonly consumed Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tuber. Food Chemistry, v. 238, p. 173–179, 2018.

[15] JUDPRASONG, K. Nutrients and natural toxic substances in commonly consumed tubers.

ScienceDirect, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616315114

[16] KASZÁS, B. et al. Phenolic profile and antioxidant activity of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) tubers: Implications for nutraceutical development. Antioxidants, v. 13, n. 2, p. 315, 2024. DOI: 10.3390/antiox13020315.

[17] KAUR, N.; GUPTA, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of Biosciences, v. 27, n. 7, p. 703-714, 2002.

[18] KHUENPET, Krittiya et al. The application of purification process for inulin powder production from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tuber powder. Journal of Food Processing and Preservation, v. 42, n. 8, p. e13695, 2018.

[19] KIM, Hyeon-Ki et al. Ingestion of Helianthus tuberosus at breakfast rather than at dinner is more effective for suppressing glucose levels and improving the intestinal microbiota in older adults. Nutrients, v. 12, n. 10, p. 3035, 2020.

[20] KIM, Y. et al. Inulin supplementation and gut microbiota: A review on health benefits and mechanisms. Nutrients, v. 12, n. 9, p. 2790, 2020.

[21] KLEESSEN, Brigitta et al. Jerusalem artichoke and chicory inulin in bakery products affect faecal microbiota of healthy volunteers. British Journal of Nutrition, v. 98, n. 3, p. 540-549, 2007.

[22] LETEXIER, D.; DIRAISON, F.; BEYLOT, M. Addition of inulin to a moderately high-carbohydrate diet reduces hepatic lipogenesis and plasma triacylglycerol concentrations in humans. American Journal of Clinical Nutrition, v. 77, n. 3, p. 559-564, 2003.

[23] MANOKHINA, Alexandra Anatolyevna et al. Jerusalem artichoke as a strategic crop for solving food problems. Agronomy, v. 12, n. 2, p. 465, 2022.

[24] NIU, Y. et al. Effect of inulin-type fructans on blood pressure: a systematic review and meta-analysis. European Journal of Nutrition, v. 60, p. 529-543, 2021.

[25] NTOVARIS, K. et al. Prebiotic fibers and metabolic health: evidence from human trials. Frontiers in Nutrition, v. 9, p. 932122, 2022.

[26] OKADA, Naoto et al. Helianthus tuberosus (Jerusalem artichoke) tubers improve glucose tolerance and hepatic lipid profile in rats fed a high-fat diet. Asian Pacific journal of tropical medicine, v. 10, n. 5, p. 439-443, 2017.

[27] QIU, Yibin et al. Recent advances in bio-based multi-products of agricultural Jerusalem artichoke resources. Biotechnology for biofuels, v. 11, n. 1, p. 151, 2018.

[28] ROBERFROID, M. B. Inulin-type fructans: functional food ingredients. Journal of Nutrition, v. 137, n. 11, p. 2493S-2502S, 2007.

[29] RUBEL, I. A. et al. Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) and inulin-type fructans: A review on technological aspects and health benefits. Food Reviews International, v. 37, n. 7, p. 740-765, 2021. DOI: 10.1080/87559129.2019.1709171.

[30] RUTTANAPRASERT, R. et al. Agronomic performance and inulin yield of Jerusalem artichoke genotypes under different environments. Industrial Crops and Products, v. 198, p. 116717, 2025. DOI: 10.1016/j.indcrop.2025.116717.

[31] SAWICKA, K. et al. Jerusalem artichoke: a comprehensive review of nutritional composition, health benefits and emerging trends in food applications. PubMed, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39865639. Acesso em: 23 set. 2025.

[32] SCHOLZ-AHRENS, K. E. et al. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. Journal of Nutrition, v. 137, n. 3, p. 838S-846S, 2007.

[33] SHAROPOV, Farukh et al. Chlorogenic and 1, 5-dicaffeoylquinic acid-rich extract of topinambur (Helianthus tuberosus L.) exhibits strong antioxidant activity and weak cytotoxicity. Pharmaceutical Chemistry Journal, v. 54, n. 7, p. 745-754, 2020.

[34] SHOWKAT, M. M. et al. Phenolic acids in Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.): plant organ dependent antioxidant activity and optimized extraction from leaves. Molecules, v. 24, n. 18, p. 3296, 2019.

[35] SON, Hee-Kyoung et al. Saccharified and Fermented Helianthus tuberosus L. Beverage Attenuates High-Fat Diet-Inducible Metabolic Complications in C57BL/6 Mice. Journal of Medicinal Food, v. 26, n. 2, p. 146-161, 2023.

[36] SONG, J. et al. Inulin-type fructans supplementation improves colorectal cancer development in experimental models. Carbohydrate Polymers, v. 132, p. 187-195, 2015.

[37] TAKAHASHI, K. et al. Effect of inulin intake on glucose metabolism and gut microbiota in prediabetic individuals: A randomized controlled trial. Nutrients, v. 14, n. 11, p. 2345, 2022.

[38] TAPERA, R. F. et al. Exploring the therapeutic potential, ethnomedicinal values, and phytochemistry of Helianthus tuberosus L.: a review. Pharmaceuticals, v. 17, n. 12, p. 1672, 2024.

[39] TAPERA, R. Health-promoting properties and underutilized potential of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.): A review. Journal of Functional Foods, v. 109, p. 105028, 2024

[40] WANG, Xiaofei et al. Chemical components and pharmacological action for Helianthus tuberosus and predictive analysis on its Q-markers. Chinese Herbal Medicines, 2025.

[41] WANG, Y. et al. Nutritional value, bioactivity, and application potential of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) as a neotype feed resource. Animal Nutrition, v. 6, p. 429-437, 2020.

[42] WU, T. et al. Inulin-type fructans modulate the immune system in vivo in humans. British Journal of Nutrition, v. 122, n. 4, p. 382-392, 2019.

[43] YUAN, X. et al. Jerusalem artichoke powder: physicochemical, antioxidant and prebiotic properties. Food Research International, v. 111, p. 658-666, 2018.

[44] ZHANG, L. et al. Application of Jerusalem artichoke powder in yogurt: Effects on physicochemical, sensory and probiotic viability. Food Hydrocolloids, v. 113, p. 106486, 2021.

[45] ZHU, Yinglian et al. Beneficial effects of Jerusalem artichoke powder and olive oil as animal fat replacers and natural healthy compound sources in Harbin dry sausages. Poultry science, v. 99, n. 12, p. 7147-7158, 2020.

Capítulo 8

Avaliação da composição centesimal e atividade antioxidante da droga vegetal do Socoró (Eugenia brachypoda D.C.) armazenada sob diferentes condições

Carolina Aguiar e Silva
Elivelton Pontes Teixeira
Thayane Andreyna Santos Barros
Joice Farias Fernandes
Inaê Ferreira Pinto
Cristiane Mara Silva de Vasconcelos
Elivane Feitosa Oliveira de Lima
Iasmim Louíse Freitas da Silva
Zandleme Birino de Oliveira
Antônio Quaresma da Silva Júnior

Resumo: A *Eugenia brachypoda* D.C., conhecida popularmente como Socoró, é um fruto amazônico da família Myrtaceae, ainda pouco explorado cientificamente, apesar de seu potencial funcional e nutricional. Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial nutracêutico da droga vegetal obtida do fruto maduro, analisando o efeito do armazenamento sobre suas características físico-químicas. Foram comparadas duas amostras provenientes da mesma árvore em Juruti (PA): uma mantida congelada por um ano (coletada em março de 2024) e outra armazenada à temperatura ambiente (coletada em março de 2025). Ambas foram desidratadas, trituradas (droga vegetal)e submetidas a análises de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, índice de intumescência, pH, acidez, atividade antioxidante e granulometria. As amostras congeladas apresentaram 16,13% ±1,71 de umidade, 3% ±0,01 de cinzas, 13,08% ±1,43 de lipídeos, 9,26% ±2,40 de proteínas e 58,52% ±5,54 de carboidratos. Já as não congeladas mostraram 19,71% ±0,33 de umidade, 2,60% ±0 de cinzas, 5,99% ±4,65 de lipídeos, 8,06% ±1,18 de proteínas e 63,63% ±6,18 de carboidratos. O índice de intumescência foi de 5,13% ±0,77 nas congeladas e 5,60% ±0,03 nas não congeladas. O pH variou entre 4,23 ±0,05 e 4,4 ±0,17, e a acidez entre 1,02% ±0,08 e 0,78% ±0,0, respectivamente. Ambas apresentaram alta atividade antioxidante e granulometria moderadamente grossa. Os resultados indicam que o fruto Socoró possui perfil promissor para aplicações alimentícias e farmacêuticas, destacando-se como uma fonte regional com potencial funcional e valor agregado para a biotecnologia amazônica.

1. INTRODUÇÃO

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) compreendem fontes de nutrição para àqueles que procuram por alternativas alimentares mais saudáveis. Elas são plantas com partes comestíveis contendo vitaminas, mineiras, fibras e compostos bioativos. No entanto, ainda que elas forneçam esses nutrientes, sua presença na alimentação da população é pouco evidenciada, sendo negligenciadas até mesmo pelas comunidades em que estão presentes (Cecatto *et al*., 2023).

Por apresentarem relevância nutricional, funcional e ambiental, as PANCs têm despertando um interesse crescente no âmbito da nutrição e da sustentabilidade alimentar. No estudo realizado por Benevides, Ávila e Lima (2021), analisou-se o valor nutritivo dessas espécies vegetais, especialmente aquelas presentes no estado do Ceará, destacando-se seu potencial como alternativa viável para uma alimentação mais saudável e sustentável. Algumas frutas, como a *Tropaeolum majus* (Capuchinha), *Portulaca oleracea* (Beldroega) e *Coronopus didymus* (Mastruz), são exemplos de PANCs importantes para a dieta de uma população devido fornecerem os nutrientes necessários à saúde (Jesus *et al*., 2020), e segundo alguns estudos, evidências epidemiológicas demonstraram que o consumo regular de frutas e vegetais pode estar relacionado à redução da mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis (Baldini, 2016). O camu-camu, pertencente à família *Myrtaceae*, também é um exemplo de PANC utilizado na alimentação, possuindo diveros diversos nutrientes e com seu suco contendo alto potencial antioxidante e anti-inflamatório (Souza, 2014).

A *Eugenia brachypoda* D.C. faz parte da família *Myrtaceae*, um dos diversos gêneros presentes na Amazônia que apresenta grande importância na economia e ecologia mundial. Muitas de suas espécies são utilizadas na alimentação, como a pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e a goiaba (*Psidium guajava* L.). Além disso, grande parte de suas espécies são usadas na medicina popular, sendo realizados estudos químicos e farmacológicos. Ela possui porte arbóreo, que no seu estágio adulto pode alcançar mais de 15m de altura, presente em seu habitat natural, nas proximidades de rios, lagos e igapós, especialmente em áreas ribeirinhas do Estado do Amazonas (Nunes, 2019). Apesar da *Eugenia brachypoda* está presente nessas regiões, ela ainda é desconhecida por boa parte da população de grandes cidades da região. E ainda, mesmo que ela faça parte dessa família que apresenta grande importancia mundial-*Myrtaceae*, são poucos os estudos realizados acerca de sua composição. Desta forma, é imprescindível a realização de estudos relacionados ao fruto Socoró, pelo fato de ser uma espécie pouco explorada. Portanto, esse trabalho tem por objetivo determinar o potencial nutracêutico de uma droga vegetal proveniente do fruto Socoró de amostras congeladas por 1 ano e amostras armazenadas em temperatura ambiente, para analisar se a forma de armazenamento interfere nos componentes físico-químicos e compartilhar os benefícios que o fruto possa ter.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Avaliar o potencial nutracêutico da droga vegetal do fruto de Socoró (*Eugenia brachypoda* D.C.) em amostras armazenadas sob diferentes condições, analisando a influência do congelamento sobre suas propriedades físico-químicas.

2.2. ESPECÍFICOS

- Produzir uma droga vegetal a partir dos frutos de Socoró;
- Avaliar a composição nutricional da droga vegetal;
- Avaliar as atividades antioxidante da droga vegetal;
- Avaliar as características físico-químicas da drova vegetal.

3. METODOLOGIA

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade do Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, campus de Santarém, Pará.

3.2. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram colhidas da mesma árvore em períodos diferentes, sendo dos anos de 2024 e 2025, nas áreas de várzeas do município de Juruti- Pará.

3.3. ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS

3.3.1. AMOSTRAS CONGELADAS POR 1 ANO

As amostras congeladas por 1 ano ficaram armazenadas em freezer em temperatura -18°C, nos períodos de março de 2024 a março de 2025.

3.3.2. AMOSTRAS ARMAZENADAS EM TEMPERATURA AMBIENTE

As amostras foram armazenadas em temperatura ambiente, de acordo com a temperatura da cidade de Santarém- Pará, as quais variaram de 25°C a 31°C.

3.4. OBTENÇÃO DA DROGA VEGETAL

A droga vegetal foi obtida de acordo com a metodologia da Farmacopeia Brasileira 5ª Edição (2010). Para a sua produção, a polpa, casca e semente dos frutos da *Eugenia brachypoda* D.C. foram desidratadas na estufa à 40 ºC, por um período de 24 horas. Em seguida, as amostras foram trituradas em liquidificador industrial e armazenadas no dessecador.

3.5. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRACÊUTICO DA DROGA VEGETAL

O potencial nutracêutico foi avaliado através da análise da determinação da composição centesimal, conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), e os valores foram expressos em g/100g. Além disso, foram avaliadas as atividades antioxidante, também pela metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O ensaio foi realizado em duplicata.

3.5.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

A determinação do teor de umidade se deu em secagem em estufa a 105°C, a partir de quantidades variando entre 2 a 5g da amostra em cadinhos. Após o período de 1 hora, as vidrarias foram retiradas e pesadas. Esse procedimento se repetiu até que o peso dos cadinhos fosse constante. O cálculo se deu pela seguinte fórmula:

$$\%\text{Teor de umidade} = [(\text{massa do cadinho + amostra antes da estufa}) - (\text{massa do cadinho após a estufa})]/Px\ 100$$

onde:

P= quantidade de amostra inicial (g)

3.5.2. DETERMINAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL FIXO (CINZAS)

A determinação do teor de cinzas ocorreu a partir da submissão das amostras em incineração em Mufla à 600°C, a partir de quantidades variando entre 5 a 10g da amostra em cadinhos pelo período de 6 horas. O cálculo se deu pela seguinte fórmula:

$$\%\text{Teor de cinzas} = [(\text{massa do cadinho pós mufla}) - (\text{massa do cadinho vazio})]/\ Px100$$

onde:

P= quantidade de amostra inicial (g)

3.5.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA

A determinação de proteínas total se deu pelo método de Micro-Kjeldahl, usando o fator de conversão do nitrogênio total em proteína de 6,25. O procedimento ocorreu em 3 etapas. Na primeira, pesou-se 0,25g das amostras 2,5g da mistura catalítica (sulfato de sódio anidro e sulfato de cobre – 10:1), adicionando-se 7 ml de ácido sulfúrico concentrado para dar início a digestão. A próxima etapa se deu pela neutralização das amostras com 20 ml de NaOH (40%) para posterior destilação, com 20 ml de ácido bórico e 5 gotas do indicador vermelho de metila. Na última etapa, houve a titulação com ácido sulfúrico 0,1N. O cálculo do teor de proteína foi realizado através da equação:

$$\%\text{Teor de proteínas} = (Vx0{,}14x6{,}25)\ /Px\ 100$$

onde:

V = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação;

0,14= fator de conversão da amônia para Nitrogênio;

6,25 = Fator de conversão de Nitrogênio para Proteínas;

P= peso da amostra (g) utilizada na digestão,

3.5.4. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIPÍDEOS

O método utilizado para a determinação dos lipídeos foi o de Bligh-Dyer. Inicialmente, foram pesados 3 g da amostra, que foram misturados a 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. Agitou-se a solução por 5 minutos para promover a solubilização dos componentes. Em seguida, acrescentou-se novamente 10 mL de Clorofórmio e 10 mL de uma solução aquosa de sulfato de sódio a 1,5% Após agitação por

2 minutos, houve a separação das fases e aproximadamente 5 mL da fase orgânica foram coletados e submetidos à evaporação do clorofórmio em estufa a 80 °C, durante 15 a 20 minutos. O cálculo de teor de lipídeos seguiu a seguinte fórmula:

$$\%\text{Teor de lipídeos} = [(massa\ do\ béquer\ após\ estufa) - (massa\ do\ béquer\ limpo)x4]/\ Px\ 100$$

onde:

P= massa da amostra inicial (g)

3.5.5. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CARBOIDRATOS

O teor de carboidrato foi determinado pela redução dos valores de lipídeos, cinzas, umidades e proteínas na medida de (g/100g). Utilizou-se o seguinte cálculo:

$$\text{Carboidratos totais} = 100 - (\text{proteína} + \text{umidade} + \text{cinzas} + \text{gorduras})$$

3.5.6. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A determinação da atividade antioxidante foi realizada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil). As amostras foram preparadas por meio de uma solução estoque com 200 mg da droga vegetal em 5 ml de Etanol. Desta solução, foram preparadas concentrações menores por diluição seriada para a obtenção de novas concentrações: 3,125 µg/mL; 6,25 µg/mL; 12,5 µg/mL; 25 µg/mL; 50 µg/mL; 100 µg/mL e 200 µg/mL. O controle e as amostras foram postas nas cubetas, nas concentrações de 40 µL de etanol com 960 µL de reagente DPPH (60 µM). As amostras também seguiram esse padrão (40 µL com 960 µL de reagente DPPH). Mediu-se a absorbância a 517nm após 15, 30 e 45 minutos de reação. Os resultados foram expressos em percentual (%).

3.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA DROGA VEGETAL

A caracterização físico-química da droga vegetal seguiu os métodos da Farmacopeia Brasileira 5ª Edição (2010) para a determinação da Granulometria, pH e índice de Intumescência. O índice de acidez foi determinado pelo método do Instituto Adolfo Lutz (2008). O ensaio foi realizado em duplicata.

3.6.1. DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA

A Granulometria foi determinada a partir de 50 g das amostras, sendo submetidas a passagem forçada por vibração, por meio de tamises, com abertura de malhas correspondentes a 425, 300, 180, 125, 106 e 45 µm. As quantidades presentes em cada tamis foram quantificadas através do seguinte cálculo:

$$\%\ \text{Retirada pelo Tamis} = (P1)\ /(P2)x100 \quad (8)$$

onde:

P1 = peso da amostra retida em cada tamis (g)

P2 = soma dos pesos retidos em cada tamis e no coletor (g)

3.6.2. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE INTUMESCÊNCIA

A determinação do índice intumescência ocorreu a partir de 1 grama das amostras para 25 ml de água em proveta, agitando-a à cada 10 minutos por uma hora. Em seguida, deixou-se as amostras em repouso por 3 horas, em temperatura ambiente. Ao final, foi verificado os volumes finais ocupados por elas. O Índice de intumescência (IT) foi calculado segundo a equação abaixo:

$$Li=Vf-Vi$$

3.6.3. DETERMINAÇÃO DO PH

A determinação do pH se deu a partir de 10 g da amostra para 100 ml de água. Foi preparado um extrato, levando-se a amostra a banho-maria em temperatura de 50°C por 15 minutos. A mistura foi filtrada e determinado o pH com uso de peagâmetro previamente calibrado.

3.6.4. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ

O índice de acidez da droga vegetal foi determinado a partir e 2,5 g da amostra. Em seguida, adicionou-se 3 gotas da solução fenolftaleína a 1%. A titulação se deu com solução 0,1N de hidróxido de sódio até a cor ser alterada para rosa. O cálculo foi realizado pela equação:

$$\text{Índice de acidez} = (Vxfx5{,}61)\ P$$

onde:

V= volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL);

F=Fator da solução de hidróxido de sódio;

P= nº de g da amostra.

3.7. ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados obtidos foram expressos como média ± desvio padrão (DP) de, no mínimo, três repetições independentes. Para comparação dos resultados do teste antioxidante, foi aplicado a análise de variância (ANOVA unidirecional), considerando um nível de significância de $p < 0{,}05$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (pós-teste), a fim de identificar quais grupos diferem entre si. Todas as análises foram realizadas utilizando o software GraphPad Prism® (versão 8.0).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados obtidos estão listados na Tabela 1, os quais compõem o potencial nutracêutico e caracterização físico-química da droga vegetal das duas amostras analisadas.

Tabela 1 – Potencial nutracêutico e caracterização físico-química da droga vegetal das amostras que ficaram congeladas por 1 ano e que ficaram armazenadas em temperatura ambiente

Parâmetro Analisado	Amostra congelada	Temperatura ambiente
Umidade	16,13 ± 1,71	19,71 ± 0,33
Cinzas	3,00 ± 0,01	2,60 ±0,01
Lipídeos	13,08 ±1,43	5,99 ± 4,65
Proteínas	9,26 ± 2,40	8,06 ± 1,18
Carboidratos	58,52 ± 5,54	63,63 ± 6,18
Intumescência	5,13 ± 0,77	5,60 ±0,03
pH	4,23 ± 0,05	4,4 ±0,17
Índice de Acidez	1,02 ± 0,08	0,78 ± 0,00

Fonte: os próprios autores (2025).

A *Eugenia brachypoda* D.C. (Socoró) ainda é uma espécie pouco estudada, especialmente quanto à sua composição nutricional e físico-química, o que reforça a relevância deste trabalho. A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 1, observou-se que as condições de armazenamento influenciaram diretamente a qualidade da droga vegetal obtida.

A umidade apresentou valores de 16,13% ±1,71 nas amostras congeladas e 19,71% ±0,33 nas amostras mantidas em temperatura ambiente. Essa diferença evidencia que o congelamento reduziu o teor de água livre, o que pode favorecer maior estabilidade da droga vegetal. No entanto, valores mais altos em amostras in natura indicam maior suscetibilidade ao crescimento microbiano, como apontam Silva et al. (2021). Segundo Neto et al. (2021), etapas inadequadas no processo de conservação podem alterar o valor nutritivo, reforçando a importância do controle da umidade, especialmente em formulações farmacêuticas.

O teor de cinzas foi de 3,00% ±0,01 nas amostras congeladas e 2,60% ±0,00 nas amostras à temperatura ambiente, sugerindo que o armazenamento prolongado pode concentrar compostos minerais pela perda de água. A presença de matéria inorgânica reflete o potencial nutricional do fruto, pois esses minerais são essenciais ao metabolismo humano (Silva et al., 2021).

Nos lipídeos, observou-se 13,08% ±1,43 nas amostras congeladas e 5,99% ±4,65 nas não congeladas. A elevação nos teores da amostra congelada pode estar associada à redução de água e à maior extração de frações lipídicas. Entretanto, Custódio et al. (2024) destacam que o excesso de umidade pode acelerar a deterioração e interferir na precisão dos resultados. Ainda assim, o teor lipídico encontrado indica a presença de ácidos graxos importantes, responsáveis pela integridade das membranas celulares e absorção das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (Ala-Paula et al., 2021).

Os valores de proteínas foram de 9,26% ±2,40 na amostra congelada e 8,06% ±1,18 na amostra mantida em temperatura ambiente. A diferença entre os resultados pode estar relacionada à estabilidade das proteínas durante o congelamento, que reduz reações

enzimáticas e oxidativas. Embora os teores sejam moderados, as proteínas exercem papel essencial no metabolismo e manutenção da massa muscular, cuja deficiência pode estar associada a condições como sarcopenia (Procópio et al., 2021).

Quanto aos carboidratos, verificou-se 58,52% ±5,54 nas amostras congeladas e 63,63% ±6,18 nas não congeladas. Essa redução nas amostras congeladas pode decorrer da degradação parcial de açúcares ou da cristalização durante o armazenamento prolongado. Alimentos frescos e minimamente processados, como o fruto Socoró, destacam-se por seu potencial energético e valor nutricional equilibrado (Brasil, 2014).

O índice de intumescência apresentou valores próximos: 5,13% ±0,77 para amostras congeladas e 5,60% ±0,03 para as armazenadas em temperatura ambiente, confirmando a presença de mucilagens. Segundo Santos (2022), essas substâncias possuem propriedades terapêuticas importantes, como ação anti-inflamatória, cicatrizante e protetora de mucosas, reforçando o potencial farmacêutico do fruto.

O pH foi ligeiramente mais baixo nas amostras congeladas (4,23 ±0,05) em comparação às armazenadas em temperatura ambiente (4,4 ±0,17), sugerindo a liberação de compostos ácidos durante o congelamento. Nunes (2019) observou valores entre 4,12 e 4,91 em genótipos naturais do Socoró, o que confirma que se trata de um fruto levemente ácido. Segundo Barros et al. (2023), o pH influencia diretamente a estabilidade e a conservação de produtos vegetais.

Por fim, o índice de acidez foi de 1,02% ±0,08 nas amostras congeladas e 0,78% ±0,00 nas não congeladas, confirmando a tendência observada no pH. O aumento da acidez nas amostras congeladas pode estar associado à liberação de ácidos graxos livres durante o armazenamento. De acordo com a Farmacopeia Brasileira (2019), esse parâmetro é fundamental para avaliar a estabilidade e a pureza de drogas vegetais. Nunes (2019) relatou valores entre 0,16% e 0,41% na polpa fresca, indicando que a desidratação e o armazenamento prolongado podem concentrar compostos ácidos.

Em conjunto, os resultados demonstram que a forma de armazenamento interfere nas características físico-químicas da droga vegetal, mas o fruto Socoró mantém um perfil nutricional e bioativo promissor, com potencial de aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

4.2. GRANULOMETRIA

A granulometria é um parâmetro farmacotécnico crucial, pois influencia diretamente a estabilidade, o empacotamento, a solubilidade e a biodisponibilidade dos compostos ativos em uma droga vegetal. Para caracterizar o perfil do pó obtido a partir do fruto Socoró, as amostras, submetidas aos dois diferentes regimes de armazenamento, foram analisadas quanto à distribuição do tamanho de partículas. Os resultados, expressos pela porcentagem de material retido em peneiras de diferentes aberturas de malha, são apresentados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 3.

Tabela 2. Granulometria da droga vegetal das amostras que ficaram congeladas por 1 ano e que ficaram armazenadas em temperatura ambiente

Tamis/Tamanho de partículas retidas	Orifício do Tamis (µm)	(%) Retido	
		Amostra congelada	Amostra temp. ambiente
ASTM USS 40 Mesh 35	425	71,54	74,69
ASTM USS 50 Mesh 48	300	23,24	21,75
ASTM USS 80 Mesh 80	180	5,22	3,56

Fonte: Elaborado pelos autore (2025).

Figura 3. Determinação da Granulometria da droga vegetal dos frutos de socoró

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise granulométrica, fundamental para a padronização de drogas vegetais, revelou que o pó obtido do fruto Socoró, independentemente da condição de armazenamento, foi classificado como moderadamente grosso. Esta conclusão é baseada no fato de que a maior parte do material (superior a 70% em ambas as amostras) foi retida na peneira de maior abertura (425 µm), conforme parâmetros estabelecidos pela Farmacopeia Brasileira (2010). A consistência na classificação granulométrica entre as amostras congeladas e as mantidas em temperatura ambiente indica que o processo de desidratação e trituração foi eficaz e que o armazenamento, sob as condições testadas, não alterou significativamente a estrutura física e a friabilidade das partículas. Este é um dado relevante, pois demonstra a robustez do processo de obtenção da droga vegetal em manter uma característica física fundamental.

Um pó com tal classificação é considerado tecnologicamente vantajoso para a indústria farmacêutica e de fitoterápicos. De acordo com Fonsêca (2005), partículas moderadamente grossas são ideais para a produção de formas extrativas, como tinturas, extratos fluidos e secos, uma vez que facilitam a percolação do solvente, melhorando o rendimento do processo extrativo e evitando a formação de massas compactas que impediriam a passagem do líquido.

Contudo, é crucial destacar que, embora a granulometria não tenha sido alterada, os dados de composição centesimal e atividade antioxidante demonstraram que o armazenamento

exerceu influência significativa sobre os constituintes químicos e bioativos da droga vegetal. Esta dissociação entre a estabilidade física e a instabilidade química reforça a necessidade de um controle de qualidade abrangente, que vá além das características físicas e avalie a integridade dos princípios ativos ao longo do tempo (Silva et al., 2021). Portanto, conclui-se que a droga vegetal de Socoró apresenta uma característica física desejável para aplicações industriais, mas a escolha da condição de armazenamento deve ser criteriosamente definida com base no objetivo de preservar seu perfil nutricional e funcional.

4.3. ATIVIDADE ANTIOXIDAMTE

A atividade antioxidante da droga vegetal de Eugenia brachypoda D.C. (Socoró) foi avaliada com o intuito de verificar a capacidade das amostras em neutralizar radicais livres, parâmetro importante para indicar o potencial funcional e nutracêutico do fruto. Essa análise permite compreender se o tempo e o tipo de armazenamento influenciam na preservação de compostos bioativos, como flavonoides e fenóis, reconhecidos por sua ação protetora contra o estresse oxidativo. Os resultados, expressos em valores de IC_{50} (concentração necessária para inibir 50% dos radicais livres), estão apresentados no Quadro 1, permitindo a comparação entre as amostras congeladas e mantidas em temperatura ambiente ao longo dos tempos de reação avaliados (15, 30 e 45 minutos).

Quadro 1. Atividade antioxidante para as amostras

Tempo	IC_{50} (mg/mL)		IC_{50} (µg/mL)
	Amostra congelada	Amostra Temp. ambiente	Trolox Padrão (µg/mL)
15 min	1,180	0,947	3,50
30 min	1,076	0,856	
45 min	0,845	0,823	

Fonte: Elaborado pelos autores.

A avaliação da atividade antioxidante da droga vegetal de *Eugenia brachypoda* D.C. (Socoró) revelou a capacidade de ambas as amostras — congeladas e armazenadas em temperatura ambiente — em neutralizar radicais livres, um atributo fundamental para o seu potencial nutracêutico e funcional. Os valores de IC_{50} (concentração inibitória média), apresentados no Quadro 1, diminuíram progressivamente ao longo do tempo de reação (15, 30 e 45 minutos), indicando uma resposta antioxidante dependente do tempo e uma interação efetiva com o radical DPPH.

Nota-se que as amostras mantidas em temperatura ambiente exibiram menores valores de IC_{50} em todos os intervalos avaliados, sugerindo uma atividade antioxidante ligeiramente superior em comparação às amostras congeladas. Essa diferença pode estar relacionada à possível degradação de compostos bioativos, como fenóis e flavonoides, durante o armazenamento prolongado sob congelamento, conforme observado em estudos com outras espécies frutíferas (Silva et al., 2024). Ainda assim, ambas as amostras demonstraram capacidade de inibir o radical DPPH, com valores de IC_{50} próximos a 1 mg/mL, o que indica uma atividade antioxidante moderada, porém significativa.

É importante ressaltar que a presença de atividade antioxidante, mesmo que em níveis moderados, confere ao Socoró um papel relevante na proteção contra o estresse oxidativo, fator associado ao desenvolvimento de diversas doenças crônicas (Oliveira,

2015). Além disso, a manutenção parcial dessa atividade após um ano de congelamento ressalta a estabilidade de parte dos compostos bioativos presentes na droga vegetal.

Esses resultados reforçam o potencial do fruto Socoró como fonte de antioxidantes naturais, com possíveis aplicações no desenvolvimento de alimentos funcionais e suplementos nutracêuticos, especialmente quando consideradas as condições adequadas de processamento e armazenamento.

5. CONCLUSÃO

Este estudo contribui para o preenchimento de uma lacuna científica acerca do fruto Socoró (*Eugenia brachypoda* D.C.), uma espécie amazônica da família Myrtaceae com potencial ainda pouco explorado. Os resultados confirmam que a droga vegetal derivada do fruto apresenta um perfil nutricional relevante, com teores significativos de carboidratos, proteínas e lipídeos, sustentando seu potencial para aplicações na alimentação e na nutracêutica. A atividade antioxidante foi verificada em ambas as amostras, embora em nível moderado, indicando a presença de compostos bioativos capazes de neutralizar radicais livres, o que agrega valor funcional ao fruto. Do ponto de vista tecnológico, a droga vegetal foi classificada como um pó moderadamente grosso, característica que o torna adequado para o desenvolvimento de formas farmacêuticas extrativas, como tinturas e extratos, conforme preconizado pela Farmacopeia Brasileira. Ficou evidente que o método de armazenamento exerceu influência direta sobre as propriedades físico-químicas e a composição centesimal da droga vegetal, embora não tenha alterado sua classificação granulométrica. Este achado é crucial, pois destaca a necessidade de se estabelecerem protocolos de conservação padronizados para garantir a qualidade e a reprodutibilidade de futuros produtos derivados do Socoró. Diante do exposto, o Socoró demonstra ser um recurso natural promissor para as indústrias alimentícia e farmacêutica. Recomenda-se, para estudos futuros, a investigação de seus compostos bioativos específicos, a avaliação de sua estabilidade em diferentes formas farmacêuticas e a exploração de seu potencial econômico para a bioeconomia amazônica, sempre considerando as melhores práticas de manejo e armazenamento.

REFERÊNCIAS

[1] ALA-PAULA, Bruno Matrins.; GOZZI, William Permagnami.; KRINGEL, Dianini Huttner.; PELOSO, Eduardo de Figueiredo.; CUSTÓDIO, Flávia Beatriz. **Química & Bioquímica de Alimentos**. 1. ed. Alfenas-MG: Editora Universidade Federal de Alfenas, 2021.

[2] ANVISA. Farmacopeia Brasileira: volume 1. 5. ed. Brasília, 2010.

[3] BALDINI, Tatiana Ferrari. **Avaliação do potencial antioxidante do araçá-boi (*Eugenia stipitata*) liofilizado e do néctar de maçã suplementado com o mesmo.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2016. 16 p. Disponível em:<https://core.ac.uk/download/pdf/296887239.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

[4] BARROS, Amanda Correia da Silva; LIMA, Débora Vitória Firmino de; LIMA, Maria Joanellys dos Santos; MELO, Demis Ferreira de; NETO, Pedro José Rolim; MAIA, Maria Bernadete Sousa; SILVA, Rosali Maria Ferreira da; FRANCO, Eryvelton de Souza. Caracterização da droga vegetal e solução extrativa obtidos a partir de *Parkinsonia aculeata*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 838–848, jan. 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n1-060.

[5] BENEVIDES, Marina Layara Sindeaux; AVILA, Maria Marlene Marques; LIMA, Anna Erika Ferreira. O potencial nutritivo de plantas alimentícias não convencionais naturais do Ceará. ***Conexões - Ciência e Tecnologia***, v. 15, p. e021003, 2021. DOI: 10.21439/conexoes.v15i0.1920. Disponível em: https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1920. Acesso em: 8 maio. 2025.

[6] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira.** 6. ed. Brasília, DF: Anvisa, 2019. v. 1.

[7] BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed., 1. reimpr. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p. ISBN 978-85-334-2176-9. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 7 maio 2025.

[8] CUSTÓDIO, Sarah de Fátima Pereira; SILVA, Sabrina de Brito da; BATTESTIN, Vania. Avaliação da composição centesimal de produtos alimentícios. *Scientia Vitae*, São José dos Campos, v. 18, n. 46, p. 35-42, jul./ago./set. 2024. Disponível em: https://www.revistaifspsr.com/v18n46_3546.pdf. Acesso em: 6 maio 2025.

[9] FONSECA, Said Gonçalves da Cruz. **Farmacotécnica de Fitoterápicos / Departamento de Farmácia.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 2019. 64 p. Disponível em: https://farmacotecnica.ufc.br/wp-content/uploads/2019/11/farmacot-fitoterapicos.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

[10] INSTITUTO ADOLFO LUTZ**. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 21-50.

[11] JESUS, Beatriz Barbosa de Souza de; SANTANA, Karolina Silva Leite de; OLIVEIRA, Vania Jesus dos Santos de; CARVALHO, Mariane de Jesus da Silva de; ALMEIDA, Weliton Antônio Bastos de. PANCS - Plantas alimentícias não convencionais, benefícios nutricionais, potencial economico e resgate da cultura: uma revisão sistemática. **Enciclopédia Biosfera.** Jandaia, v.17, n.33, p. 309-322. 2020. Disponível em: < https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020C/pancs.pdf >. Acesso em: 18 jun. 2025.

[12] NETO, Marconi Fernandes Cunha; TREVIZAN, Jaqueline Andrea Custódio; MOTTA, Andrea Cristina Shima da; BRACCINI, Graciela Lucca. Técnicas de conservação de alimentos por congelamento: uma revisão. ***Anais Eletrônicos do XII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica***, Maringá, 2021. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/anais-epcc-2021/wp-content/uploads/sites/236/2021/11/620.pdf. Acesso em: 6 maio 2025.

[13] **NUNES, Rita de Cássia Barros.** Caracterização de frutos de socoró (*Eugenia brachypoda* D.C.) de ocorrência natural, no Sul do Amazonas. 2019. 34 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)** — Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/5699. Acesso em: 5 ago. 2025.

[14] OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 45-50, jan./mar. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_165. Acesso em: 19 set. 2025.

[15] PROCÓPIO, Amanda Francielli; FONSECA, Inayá Cristina; PICOLI, Letícia Turari; MELLO, Josiane Ferreira de. Deficiência no consumo de proteína de origem animal no envelhecimento. **Revista Faculdades do Saber**, São Paulo, v. 6, n. 13, p. 1-8, jun. 2021. Disponível em: https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/128. Acesso em: 6 maio 2025.

[16] SANTOS, Lucas Pereira dos. **Estudo farmacognóstico das folhas de cinco plantas medicinais denominadas por boldo.** 2022. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Instituto de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 10 fev. 2022. Disponível em: http://hdl.handle.net/11422/16663. Acesso em: 07 set. 2025.

[17] SILVA, Anny Beatriz Santana e ; SILVA, Eduarda Giardina da ; RIGO, Letícia; OLIVEIRA, Mayane Prado de; LOSS, Raquel Aparecida; GUEDES, Sumaya Ferreira; PAULA, Juliana Maria de; GERALDI, Claudineia Aparecida Queli. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, p. 85-105, 2021. Disponível em: <https://scientificelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1424>. Acesso em: 29 out. 2024.

[18] SILVA, C. A. e et al. Desenvolvimento e avaliação do potencial nutracêutico de uma droga vegetal a base de *Myrciaria dubia* (camu-camu). **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 7, n. 9, p. e75447, 2024. DOI: 10.34119/bjhrv7n9-281. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/75447. Acesso em: 6 oct. 2025.

[19] SOUZA, Aline Ozana de. **Principais compostos bioativos e capacidade antioxidante no epicarpo do camu-camu (Myrciaria dubia) em função da maturação.** 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento) –Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

Capítulo 9

Composição centesimal e perfil lipídico de cacau-jacaré

Zilanir Carvalho Pereira
Débora Nogueira Cavalcante
Cláudia Almeida Alves Vermehren
Railma Pereira Moraes
Jaqueline de Araújo Bezerra

Resumo: Este trabalho teve como objetivo caracterizar a composição centesimal e o perfil lipídico dos frutos de *Theobroma mariae* (popularmente conhecido como cacau-jacaré), enfatizando os teores de umidade, cinzas, lipídeos e a caracterização dos ácidos graxos presentes. Para a extração dos lipídios, a amostra fresca foi submetida ao sistema *Soxhlet* com solvente hexano. A identificação dos compostos foi conduzida por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) (Nexis GC2030, GCMS-QP2020 NX, *Shimadzu*), instalada na Central Analítica do IFAM-CMC, utilizando injetor *split-splitless* e amostrador automático. Antes da análise, as amostras passaram por reação de esterificação, possibilitando a avaliação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMEs).Os resultados mostraram baixo teor de umidade (2,08 ± 0,00 g/100g), característica que favorece maior tempo de conservação e concentração de nutrientes, além de um percentual relevante de minerais nas cinzas (4,97 ± 0,01 g/100g). Entre os ácidos graxos predominantes destacaram-se o eicosanóico (26,90%), o octadecanóico (24,02%) e o elaídico (15,50%), os quais desempenham funções essenciais como fontes energéticas e na absorção de vitaminas lipossolúveis. Essas evidências fornecem um panorama inicial da qualidade nutricional das amêndoas com polpa de cacau-jacaré, sugerindo que, apesar do baixo conteúdo de lipídios e umidade, a presença significativa de minerais pode abrir perspectivas para aplicações na indústria de alimentos.

Palavras chave: Cacau-jacaré, Composição centesimal, Perfil lipídico, Ácidos graxos.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia destaca-se globalmente por abrigar um dos mais altos índices de biodiversidade do planeta. Essa imensa floresta tropical funciona como um crucial reservatório genético, essencial para inúmeras espécies de plantas e animais. É também uma fonte vasta e inexplorada de variabilidade genética, especialmente para espécies endêmicas da região (Giustina et al., 2014). As frutas do gênero *Theobroma* spp. são valorizadas por seu aroma e sabor agradáveis. Além disso, elas oferecem uma ampla gama de aplicações culinárias, sendo utilizadas na produção de sucos, geleias, sorvetes, licores, doces de fruta e vários outros alimentos (Mar et al., 2024).

Theobroma mariae (Figura 1), é uma espécie que tem sido pouco estudada pela ciência. No entanto, a análise fitoquímica recente de suas flores revelou a presença de importantes constituintes químicos, como o quercetin-3-galactoside e o kaempferol. Além disso, essas flores demonstraram uma atividade antiproliferativa significativa, indicando potencial biológico interessante (Silva et al., 2025), enquanto estudos preliminares sobre as flores de *T. mariae* já indicaram a presença de constituintes bioativos e atividade antiproliferativa, os frutos dessa espécie permanecem completamente inexplorados quanto aos estudos químicos.

Portanto, este trabalho é relevante pois objetiva realizar a composição centesimal e o perfil lipídico dos frutos de *T. mariae*, popularmente conhecido como cacau-jacaré, enfatizando os teores de umidade, cinzas, lipídeos e a caracterização dos ácidos graxos presentes.

Figura 1. Frutos de *Theobroma mariae*

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. COLETA E PREPARO DE AMOSTRAS

Os frutos de cacau-jacaré foram coletados no sítio São Sebastião, localizado no município de Tefé (Amazonas, Brasil) em maio de 2022 (coordenadas 3 ◦ 22′04.2′′ S e 64 ◦ 37′58.4′′ W, SISGEN: A0B6BFD), sendo posteriormente sanitizados e separados a polpa, posteriormente encaminhada para as análises de composição centesimal e perfil químico dos ácidos graxos por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM).

2.2. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

2.2.1. UMIDADE

Pesou-se 2 g das amostras frescas em cápsula de porcelana. Foram aquecidas em estufa a 105 °C por 3 horas. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente. Foi repetida a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. O ensaio foi realizado em triplicata (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

2.2.2. CINZAS

Foi pesado 5 g de amostra fresca em um cadinho de porcelana, carbonizada e incinerada em mufla a 550 °C até virar cinzas. O ensaio foi realizado em triplicata (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

2.2.3. OBTENÇÃO DE LIPÍDEOS

Foram pesados 2 g de amostra fresca sobre papel de filtro. O papel foi transferido para o aparelho de Soxhlet, acoplado a um balão de fundo chato previamente tarado, a 105 °C. Hexano foi adicionado ao sistema, que foi mantido em aquecimento contínuo por 8 horas. Após esse período, o balão com o resíduo extraído foi colocado em uma estufa a 105 °C por cerca de uma hora. Em seguida, foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e o material obtido foi pesado para o cálculo do rendimento (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

2.3. PREPARO DE AMOSTRA E ANÁLISE DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS POR CG–EM

O perfil de ácidos graxos de amostras lipídicas extraídas foi analisado após a derivatização para ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMEs), metodologia adaptada do estudo de Vasquez et al., (2021). Para a derivatização, foi utilizado 10 mg de amostras de lipídeos foram misturadas com 0,25 mL de clorofórmio/metanol (2:1; v/v) e 500 µL de NaOH 0,1 M em metanol. Essa mistura foi aquecida a 60 °C por 30 minutos. Em seguida, a reação foi interrompida com a adição de 0,2 mL de água destilada. Os FAMEs formados foram extraídos com 1 mL de hexano e a mistura foi agitada em vórtex por um minuto. Após a agitação, a fase superior foi coletada e o procedimento foi repetido com a fase inferior para recuperar os FAMEs remanescentes, que foram agitados e deixados em repouso após 30 minutos. Foi coletado 1 mg/mL de hexano e analisado por equipamento de Cromatografia em Fase Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas – CG-EM (Nexis GC2030, GCMS-QP2020 NX, Shimadzu) instalado na Central Analítica do IFAM-CMC.

Os FAMEs foram separados usando uma coluna capilar de sílica fundida SHRTx-5Sil-MS (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme). O Hélio foi usado como gás de arraste a 2 mL/min. A temperatura de injeção foi de 260 °C, modo *split*, 1 µL. A fonte de íons do espectrômetro de massa e a temperatura da interface foram de 230 e 280 °C, respectivamente. A análise cromatográfica iniciou a 50°C com taxa de 20 °C/min até 210 °C permanecendo por 10 min, e então aumentou para 230 °C a 20 °C/min por 14 min. O tempo total de execução da programação foi de 24 min. Os espectros de massa foram obtidos por impacto eletrônico a 70 eV. A taxa de varredura foi de 1,6 varreduras/s em uma faixa de massa de 30−700 uma. A identificação de ácidos graxos foi realizada pelas bibliotecas WILEY 275 e National Institute of Standards and Technology (NIST 3.0). As determinações analíticas foram realizadas em duplicata e os resultados foram expressos em gramas de ácido graxo/100 g de FAMEs.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores referentes à umidade, cinzas e lipídeos de *Theobroma mariae* estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se que a amostra possui baixa umidade (2,08 ± 0,00), indicando reduzido teor de água no fruto, característica que pode favorecer tanto a conservação quanto a concentração de nutrientes. O teor de cinzas (4,97 ± 0,01) revela um aporte mineral expressivo, evidenciando a presença relevante de sais minerais. Já a fração lipídica (1,82 ± 0,07) mostra-se relativamente reduzida, aspecto positivo do ponto de vista nutricional, visto que elevados teores de gordura podem ser indesejáveis (Negri et al., 2016). Esses achados fornecem uma avaliação preliminar da qualidade nutricional das amêndoas de *T. mariae*, destacando um perfil com baixo conteúdo de água e lipídeos, mas enriquecido em minerais.

Tabela 1: Composição centesimal de *T. mariae*

Parâmetros	Teor (g/100g)
Umidade	2,08 ± 0,00
Cinza	4,97 ± 0,01
Lipídeos	1,82 ± 0,07

3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS DA FRAÇÃO LIPÍDICA DE *THEOBROMA MARIAE*

As frações lipídicas foram analisadas por meio de CG-EM após o processo de derivatização (Figura 2). Na Tabela 2 estão apresentados os principais ácidos graxos identificados nas amostras. Os resultados foram expressos em gramas de ácido graxo por 100 g de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMEs). Esses FAMEs, obtidos a partir de óleos vegetais, permitiram a caracterização dos principais ácidos graxos presentes nas frações lipídicas da polpa de *T. mariae* após a derivatização.

Figura 2. Cromatograma de íons totais da fração lipídica esterificada de *T. mariae*

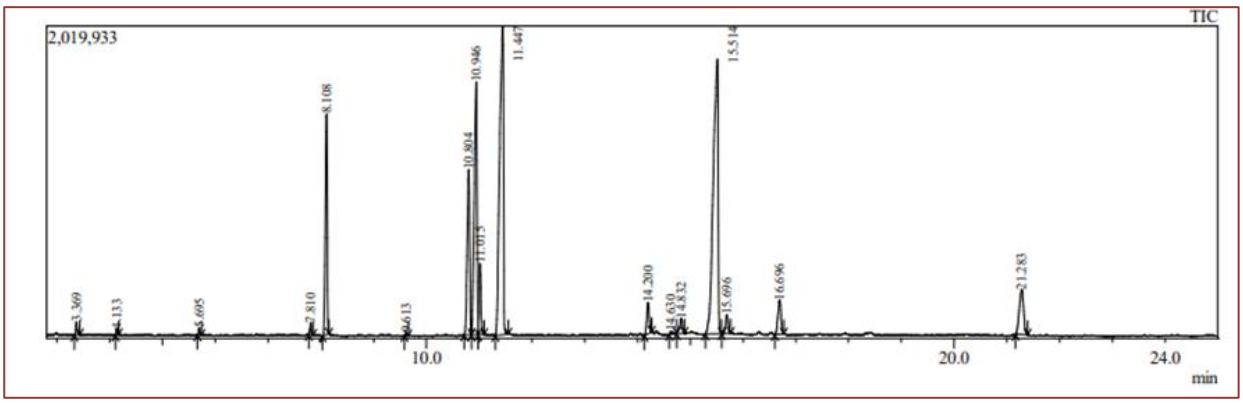


Tabela 2: Principais ácidos graxos identificados em *T. mariae*

Tempo de retenção (min)	Ácidos graxos	Ésteres formados	*T. mariae* (%)
7.8	Ácido nonanóico	Éster metílico do ácido 9-oxo-nonanoico	0,31 ± 0,1
8.1	Ácido nonanodióico	Ácido nonanodióico, éster dimetílico	0,08 ± 0,2
10.8	Ácido tetradecanóico	Tetradecanoato de metila	0,15 ± 0,0
10.9	Ácido palmitoleico	Palmitoleato de metila	0,39 ± 0,0
11.0	Ácido palmítico	Palmitato de metila	8,60 ± 0,0
11.4	Ácido linoelaídico	Linolelaidato de metila	11,78 ± 0,2
14.2	Ácido elaídico	Elaidato de metila	15,50 ± 0,0
14.8	Ácido octadecanóico	Estearato de metila	24,02 ± 0,4
15.5	Ácido eicosanóico	Araquidato de metila	26,90 ± 0,0
16.9	Ácido 9(*Z*),11(*E*),13(*E*)-octadecatrienoico	α-eleostearato de metila	2,06 ± 0,1
21.2	Ácido docosanóico	Docosanoato de metila	3,91 ± 0,1
Total			86,79 %

Os ácidos graxos majoritários quantificados nos frutos de *T. mariae* foram ácidos eicosanóico (Araquidato de metila) (26,90%), ácido octadecanóico (Estearato de metila) (24,02%) e o ácido elaídico (Elaidato de metila) (15,50%). Os ácidos graxos apresentam um grande desempenho nas principais fontes alimentares de energia, na respiração celular como o macronutriente mais denso em calorias e na absorção de vitaminas lipossolúveis (Jayanama et al., 2020).

4. CONCLUSÃO

O estudo da composição das amêndoas de *T. mariae* forneceu dados nutricionais e de perfil lipídico essenciais. A análise centesimal indicou um perfil favorável, caracterizado por baixa umidade (2,08%) e baixo teor lipídico (1,82%), o que beneficia tanto a conservação quanto a qualidade nutricional. Em contrapartida, o teor de cinzas (4,97%) revelou uma alta concentração mineral. A identificação dos compostos da fração lipídica demonstrou que os

ácidos graxos majoritários são o ácido eicosanóico (26,90%), o ácido octadecanóico (24,02%) e o ácido elaídico (15,50%). Estes ácidos graxos, importantes fontes de energia e essenciais para a absorção de vitaminas lipossolúveis, destacam o potencial nutricional da amêndoa de *T. mariae*, especialmente devido ao seu alto teor mineral e ao perfil de ácidos graxos identificados.

REFERÊNCIAS

[1] Giustina, L. D., Luz, L. N., Vieira, F. S., Rossi, F. S., Soares-Lopes, C. R. A., Pereira, T. N. S., & Rossi, A. A. B. (2014). Population structure and genetic diversity in natural populations of Theobroma speciosum Willd. Ex Spreng (Malvaceae). *Genetics and Molecular Research : GMR*, *13*(2), 3510–3519. https://doi.org/10.4238/2014.February.14.5

[2] Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físicos-quimicos para análise de Alimentos* (4th ed.). Instituto Adolfo Lutz.

[3] Jayanama, K., Theou, O., Godin, J., Cahill, L., & Rockwood, K. (2020). Association of fatty acid consumption with frailty and mortality among middle-aged and older adults. *Nutrition*, *70*, 110610. https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110610

[4] Mar, J. M., da Fonseca Júnior, E. Q., Corrêa, R. F., Campelo, P. H., Sanches, E. A., & Bezerra, J. de A. (2024). Theobroma spp.: A review of it's chemical and innovation potential for the food industry. *Food Chemistry Advances*, *4*(March). https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100683

[5] Negri, T. C., Roberto De Araújo Berni, P., Guidolin, S., & Brazaca, C. (2016). Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil. *Biosaúde*, *18*(2), 82–96. https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/biosaude/article/view/27615

[6] Silva, L. Y. S., Cavalcante, D. N., Oliveira, E. S. C., Salvador, A. M., Pereira, Z. C., Consentini, J. C. C., Furlaneto, G., Campelo, P. H., Sanches, E. A., Azevedo, L., & Bezerra, J. de A. (2025). Theobroma mariae: Bioactive Compound-Rich Flowers. *Plants*, *14*(3). https://doi.org/10.3390/plants14030377

[7] Vasquez, W. V, Hernández, D. M., Navarro, J., Martin, D., Cano, M. P., & Fornari, T. (2021). Supercritical carbon dioxide extraction of oil and minor lipid compounds of cake byproduct from Brazil nut (Bertholletia excelsa) beverage production. *The Journal of Supercritical Fluids*, *171*(November 2020), 105188. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105188

Capítulo 10

Influência do tempo de secagem nas propriedades físicas das sementes de quiabo (Abelmoschus esculentus (L.) Moench)

Thalis Leandro Bezerra de Lima
Lumara Tatiely Santos Amadeu
Newton Carlos Santos
Sâmela Leal Barros
Francislaine Suelia dos Santos
Yaroslávia Ferreira Paiva
Dyego da Costa Santos
Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Josivanda Palmeira Gomes
Luan Icaro Freitas Pinto

Resumo: O quiabo é um fruto comercializado principalmente na sua forma *in natura*, no entanto, é muito apreciado pelo seu sabor em suas diversas formas de processamento. O seu interior é constituído de muitas sementes que possuem a necessidade do conhecimento de suas características físicas pois elas evidenciam os cuidados na sua colheita, armazenagem e inserção em indústrias de beneficiamento. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes tempos de secagem nas propriedades físicas das sementes de quiabo. As sementes do quiabo foram extraídas do fruto manualmente e realizado o cálculo de rendimento, em seguida foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar com temperatura de 60 °C em diferentes tempos de secagem 80, 100, 120 e 190 min. As sementes no tempo 0 (*in natura*), 80, 100, 120 e 190 min foram caracterizadas quanto as seguintes propriedades físicas: teor de água, atividade de água, massa unitária, massa específica real e aparente, porosidade, volume, ângulo de repouso dinâmico e dimensões (comprimento, largura e espessura). A extração das sementes de quiabo apresentou um rendimento de 12,62%. Após 190 min de secagem os resultados finais de 11,35% de teor de água e atividade de água de 0,561, proporcionou diminuição da massa específica unitária, volume, porosidade, ângulo de repouso dinâmico, comprimento, largura e espessura, e o aumento da massa específica aparente e real.

Palavras-chave: Armazenamento, Teor de água, Porosidade, Dimensionamento de equipamentos.

1. INTRODUÇÃO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é um fruto com origem africana, da família das Malvaceae. No Brasil o seu cultivo e produção, apesar de maior presença na região nordeste, também é realizado na região sudeste (Mota *et al*., 2010). Os frutos do quiabeiro são vagens verdes que são tradicionalmente comercializados na sua forma *in natura* é um fruto extremamente perecível devido à sua alta atividade respiratória e teor de umidade (Baeghbali, Ngadi, Niakousari, 2020). O interior das suas vagens é composto por muitas sementes que segundo Adelakun *et al*. (2012) diz é a parte do fruto que possui maiores quantidades de nutrientes como as proteínas, antioxidantes e óleos.

As sementes de quiabo, ao serem extraídas do fruto, apresentam alto teor de água, fazendo com que seja necessário a aplicação de técnicas de conservação viabilizando um maior período de armazenamento. Neste sentido, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade dos produtos agrícolas nas etapas pós-colheita (Adelakun *et al*., 2012; Silva, Vespucci, Devilla, 2018).

Os conhecimentos relacionados as propriedades físicas de produtos agrícolas são de extrema importância para possibilitar a utilização destes produtos pela indústria, uma vez que indicam as condições ideais para o transporte e armazenamento (Kibar, 2008). Neste sentido, a avaliação das propriedades físicas dos produtos, proporcionam a redução dos custos de produção garantindo uma maior competitividade e manutenção da qualidade do produto. Informações como tamanho, volume, porosidade e massa específica, entre outras, são ferramentas essenciais no estudo envolvendo propriedades físicas das sementes e a variação dessas propriedades em função do tempo de secagem devem ser levados em consideração (Silva *et al*., 2019a).

Tendo em vista a importância da inserção da semente de quiabo nas indústrias de processamento e beneficiamento, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes tempos de secagem nas propriedades físicas das sementes de quiabo.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Utilizou-se sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), extraídas de frutos adquiridos em feira livre na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Inicialmente os quiabos foram selecionados, higienizados e sanitizados. As sementes foram extraídas das vagens de forma manual, em seguida realizou-se a separação das mesmas retirando-se as defeituosas. A Figura 1, apresenta as vagens de quiabo e as suas sementes extraídas.

Figura 1 – Vagens de quiabos frescos cortadas (A) e sementes de quiabos *in natura* após extração (B)

(A)

(B)

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a extração, as sementes foram acondicionadas em cestas de arame vazado, para dar início ao processo de secagem e consequentemente, obtenção dos diferentes teores de água. A secagem foi realizada em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C.

As sementes foram colocadas em cestas distintas e retiradas após 80, 100, 120 e 190 minutos. Sendo este último tempo correspondente ao tempo necessário para que as sementes entrassem em um equilíbrio higroscópico.

2.1. CÁLCULO DE RENDIMENTOS DAS SEMENTES

Após as vagens terem as suas frações separadas por despolpamento manual o cálculo de rendimento de sementes foi calculado através da seguinte Equação 1:

$$RS\ (\%) = \frac{Mf - Mc}{Mc} \times 100 \qquad (1)$$

Onde: RS é o rendimento de semente em percentual; Mf é a massa total da vagem (g); Mc é a massa da casca (g).

2.2. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

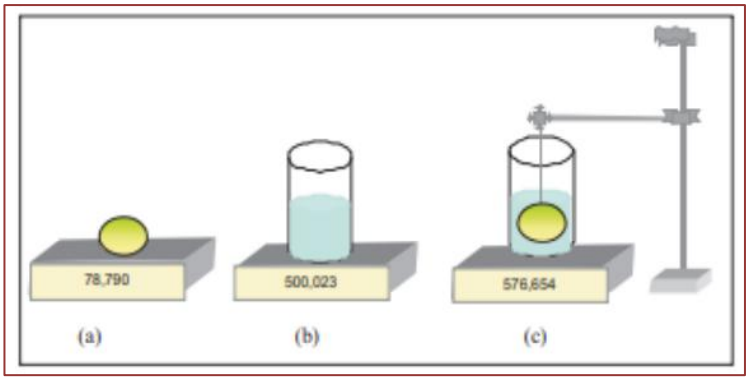
2.2.1. TEOR DE ÁGUA E ATIVIDADE DE ÁGUA (aw)

As sementes de quiabo *in natura* (0 min) e após os diferentes tempos de secagem (80, 100, 120 e 190 min) foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros físicos: teor de água pelo método gravimétrico a 105 °C até massa constante segundo metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), atividade de água (a_w) através de leitura direta em equipamento Aqualab, modelo 3TE, da Decagon Devices.

2.2.2. MASSA UNITÁRIA, VOLUME E MASSA ESPECÍFICA REAL E APARENTE

A massa unitária das sementes, volume e massa específica real e aparente, foram determinadas seguindo as metodologias descritas por Almeida, Duarte e Cavalcanti-Mata (2006). A Figura 2 apresenta um esquema base de como foram determinadas essas propriedades.

Figura 2 – Esquema base para determinação da massa unitária, volume e massa específica real e aparente



Fonte: Melo *et al*. (2007).

2.2.3. POROSIDADE E ÂNGULO DE REPOUSO

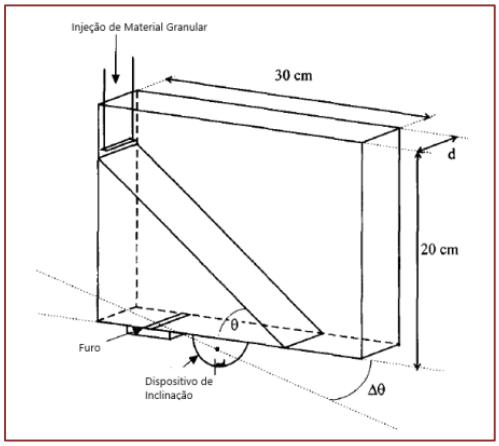
A porosidade foi determinada pela relação entre as massas específicas aparente e real, conforme a Equação 2 (Gustafson; Hall, 1972):

$$\varepsilon = [1 - (\rho a / \rho r)] \qquad (2)$$

em que: ε é a porosidade da massa das sementes (%); ρ_a - massa específica aparente ($kg.m^{-3}$); ρ_r - massa específica real ($kg.m^{-3}$).

O ângulo de repouso dinâmico foi determinado utilizando-se uma estrutura de madeira montada sobre uma plataforma plana móvel, a qual pode ser inclinada até que as sementes iniciassem o movimento, momento em que a leitura foi realizada seguindo as metodologias propostas por Almeida, Duarte e Cavalcanti-Mata (2006), adaptado do aparato experimental desenvolvido por Grasselli e Hermmann (1997) conforme figura 3.

Figura 3 - Aparato experimental desenvolvido de ângulo de repouso



Fonte: Grasselli e Hermmann (1997).

2.2.4. DIMENSÕES

O tamanho das sementes foi analisado quanto ao comprimento, largura, espessura com auxílio de paquímetro digital sendo que "a" representa o comprimento ou maior eixo, mm; "b" a largura ou eixo médio, mm e "c" a espessura ou menor eixo, mm, conforme metodologia de Mohsenin (1986).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste de Tukey de comparação de médias ao nível de significância de 5%, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (Silva; Azevedo, 2009).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é um fruto com origem africana, da família das *Malvaceae* (Mota *et al*., 2010). Possui cultivo mais disseminado em países dos trópicos, por isso é uma planta fácil de ser cultivada no Brasil, onde o cultivo e produção, apesar de maior presença na região Nordeste, também é feita no Sudeste (Mota, Finger, Casali, 2000), podendo ter mais de uma safra por ano.

O quiabo é comercializado principalmente na forma *in natura* nas feiras livres e mercados regionais, espalhados principalmente pelo interior dos estados, com cultivo bem disseminado, favorecido pelo clima e pelo valor econômico (Purquerio, Lago, Passos, 2010). Entretanto, o fruto possui uma vida útil pós colheita curta, que reduz o valor estimado de acordo com a época de colheita e também limita o alcance de mercado devido a rápida alteração de suas características na ausência de armazenamento adequado (Finger *et al*., 2008).

O interesse em prolongar a vida útil de produtos perecíveis como o quiabo com o mínimo de alterações sensoriais e nutricionais, induz a reiteradas pesquisas envolvendo formas de processamento, constantemente demandadas no setor de transformação de produtos agroindustriais. Dentre essas, a secagem ou desidratação constitui uma das técnicas mais

empregadas para a estabilização e manutenção das qualidades físicas e químicas, além de que o produto transformado tem multiplicado seu valor econômico e oferece ao mercado novas opções de matérias-primas e produtos semiprontos (Silva *et al*., 2005).

O quiabo é uma cultura ideal para agricultura familiar, principalmente devido à sua viabilidade econômica, pois requer gastos moderados com mão-de-obra nas etapas de colheita, classificação e embalagem. Entre as cultivares mais utilizadas destacam-se 'Colhe Bem' e 'Santa Cruz 47' (Filgueira, 2008). A Bahia serviu como porta de entrada para a introdução e disseminação do quiabo no Brasil, destacando-se principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste (Santos *et al*., 2013).

Dentre várias cultivares a Santa Cruz ocupa 90% do mercado. A cultivar Santa Cruz 47 é a mais cultivada no Brasil, destacando-se por suas características vigorosas e internódios curtos. Seus frutos são claros, cilíndricos e possuem o menor teor de fibras entre todas as variedades, tornando-a uma opção preferida pelos agricultores e consumidores (Souza, 2012).

O quiabo é um alimento altamente nutritivo e apreciado na culinária brasileira devido ao seu sabor único e valor alimentício. Rico em vitaminas A, B1 e C, além de minerais como cálcio e ferro, é uma excelente opção para uma alimentação saudável (Jarret, Wang e Levy, 2011). Segundo Bazán (2006) o fruto é anti-helmíntico, antiparasitário e demulcente, sendo indicado para tratar diarreias, verminoses, inflamações e irritação do estômago, rins e intestino. Além disso, o quiabo auxilia no funcionamento ótimo do sistema digestivo e intestinal, graças ao seu alto teor de polissacarídeos e microemulientes. (Adelakun *et al*., 2012).

O quiabo é uma hortaliça frutífera tropical e subtropical, amplamente cultivada no Brasil, desempenhando um papel econômico significativo (Purquerio, Lago, Passos, 2010), mas pouco contemplada pela pesquisa, principalmente na área de sementes. A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para aumentar a produtividade agrícola. Embora seja um tema amplamente estudado em diversas culturas, ainda carece de pesquisas específicas para algumas hortaliças (Tunes *et al*., 2011).

O quiabo vem ganhando destaque no setor agrícola devido à sua alta aceitação no mercado. Seu cultivo apresenta diversas vantagens, como: alta produtividade, economia de recursos, resistência ao calor e baixa exigência tecnológica. Essas características tornam o quiabo uma opção atraente para agricultores, consolidando sua importância no setor. (Paes, Esteves, Sousa, 2012).

Apesar da rentabilidade da produção de quiabo, os agricultores enfrentam desafios significativos. Mesmo sob condições ambientais ideais, como água, luz, temperatura e oxigênio adequados, as sementes de quiabo apresentam taxas de germinação baixas, lentas e irregulares. Além disso, em alguns casos, a germinação não ocorre, resultando em desuniformidade das plântulas no campo. Isso compromete a produtividade e aumenta os custos com sementes, afetando negativamente a rentabilidade da produção. (Dias *et al*., 1999).

As sementes do quiabo podem não germinar em virtude do fenômeno de dormência tegumentar (Brasil, 2009). O tegumento impermeável à água é responsável pela dormência das sementes. Para superar essa barreira, são utilizadas técnicas de escarificação mecânica ou química. Tratamentos pré-germinativos com compostos químicos, bases ou ácidos, como o ácido sulfúrico, criam fissuras no tegumento, permitindo benefícios como a entrada de água, quebra da dormência, estimulação da

germinação. Essas técnicas melhoram a eficiência da germinação, garantindo plântulas saudáveis e uniformes (Ferreira; Borghetti, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento das sementes de quiabo em relação as vagens como um todo foi de 12,62%. Na Tabela 1, estão apresentados os resultados médios e desvio padrão das propriedades físicas das sementes de quiabo nos seus diferentes tempos de secagem 0 min (*in natura*), 80, 100, 120 e 190 minutos.

Tabela 1 – Propriedades físicas das sementes de quiabos submetidas a diferentes tempos de secagem na temperatura de 60 °C

Propriedades físicas	Tempos (min)				
	0	80	100	120	190
Teor de água[1] (%)	88,15a ± 0,11	67,73b ± 0,69	51,39c ± 0,18	31,58d ± 0,74	11,35e ± 0,32
Atividade de água (a_w)	0,986a ± 0,006	0,981a ± 0,006	0,967a ± 0,001	0,963a ± 0,006	0,561b ± 0,019
Massa Unitária (g)	0,07a ± 0,01	0,03b ± 0,01	0,01c ± 0,00	0,01c ± 0,00	0,01c ± 0,00
Massa específica real (g/cm^3)	1,02b ± 0,01	1,24b ± 0,01	1,71ab ± 0,11	2,03a ± 0,38	2,27a ± 0,45
Massa específica aparente (g/cm^3)	0,34d ± 0,00	0,44c ± 0,00	0,46b ± 0,01	0,46b ± 0,00	0,89a ± 0,01
Porosidade (%)	0,83a ± 0,02	0,81a ± 0,02	0,70b ± 0,02	0,55c ± 0,02	0,56c ± 0,00
Volume (cm^3)	0,071a ± 0,001	0,029b ± 0,001	0,006c ± 0,001	0,004c ± 0,001	0,004c ± 0,005
Ângulo de repouso dinâmico (°)	48a ± 1,73	45ª ± 1,91	39b ± 1,00	40b ± 1,00	20c ± 0,58
Comprimento (mm)	5,90a ± 0,22	4,31b ± 0,12	3,99b ± 0,04	3,28c ± 0,10	2,69d ± 0,16
Largura (mm)	5,27a ± 0,14	3,87b ± 0,11	3,18c ± 0,17	2,70d ± 0,09	2,10e ± 0,06
Espessura (mm)	4,61a ± 0,19	3,28b ± 0,22	2,39c ± 0,30	1,81cd ± 0,14	1,54d ± 0,22

Nota: Médias seguidas da mesma letra sobrescrita na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; [1]base úmida.

A semente de quiabo *in natura* apresentou valores superiores com relação ao teor de água (88,15%), quando comparada com as amostras que foram submetidas ao tratamento térmico. Observa-se também que o teor de água das reduziu a partir do acréscimo do tempo de secagem. Sendo assim, no maior tempo de exposição (190 min) as sementes apresentaram o menor teor de água (11,35%). Foi verificada diferença estatística significativa entre os valores médios do teor de água em diferentes tempos de exposição. Coradi *et al*. (2015) em seus estudos com sementes de girassol, também observaram a redução do teor de água das sementes de 46,64% para 7,03% após 4 horas de secagem na temperatura de 75 °C.

Com relação a atividade de água (aw) as sementes *in natura* apresentaram valor de 0,986 corroborando o alto teor de água da semente. No entanto, observou-se que, mesmo com redução gradual de cerca de 20% do teor de água para cada tempo de secagem, a atividade de água verificada nas sementes ainda possui alta taxa, sempre com valores superiores a 0,900 nos primeiros 120 minutos de secagem. De acordo com Bejar, Mihoubi e Kechaou (2012), sob estas condições, o produto possui alto favorecimento para o desenvolvimento de leveduras, bolores, bactérias e organismos patogênicos de forma geral, o que impossibilita o seu armazenamento.

As sementes de quiabo só atingiram o seu equilíbrio higroscópico com 190 min de secagem, que correspondeu ao teor de água igual a 11,35% e atividade de água de 0,561. Para Fellows (2006) apenas as sementes com atividade de água (a_w < 0,6) lhe asseguram estabilidade microbiológica durante o seu armazenamento. Para este mesmo parâmetro

apenas as sementes com 190 min de secagem apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p<0,05$) em comparação aos tempos de exposições anteriores.

Nota-se na Tabela 1, que a massa unitária apresentou uma tendência de redução com o decorrer do tempo de secagem variando de 0,07 a 0,01g, comportamento justificado uma vez que o processo de secagem promoveu o decréscimo do teor de água das sementes. No entanto, as sementes que foram submetidas a 100, 120 e 190 min não apresentaram diferenças estatísticas significativas ao teste de Tukey para o nível de 5% de probabilidade. Silva *et al*. (2019a) ao determinarem as propriedades físicas de grãos de lentilha obtiveram valor de 0,07g para os grãos *in natura*.

Para a massa especifica real e aparente, verifica-se que ocorreu uma tendência de aumento dessas propriedades à medida que água foi removida da semente, ou seja, a medida que se teve aumento no tempo de secagem. Comportamento semelhante foi observado por Sharanagat e Goswami (2014) ao analisarem as sementes de coentro (*Coriandrum sativum*) e por Jesus *et al*. (2013) ao analisarem sementes de feijão. Esse comportamento pode ser explicado pela menor densidade da água quando relacionado aos demais componentes da semente (Bajay *et al*., 2011). Observa-se ainda que os valores médios da massa específica real são superiores aos valores médios da massa especifica aparente, o que, segundo Moscon (2015), pode ser justificado pelo fato de que a massa específica real, representa apenas o volume da massa de sementes, eliminando os poros e espaços vazios.

A massa específica aparente das sementes de quiabo detiveram valor médio de 0,34 g/cm^3 para o teor de água de 88% e 0,89 g/cm^3 para as sementes expostas a 190 minutos de secagem. Valores semelhantes foram encontrados por Moscon (2015) ao analisar sementes de amaranto que variaram de 0,64 a 0,80 g/cm^3, para os teores de água de 64,78 a 11,65%, respectivamente. As massas específicas real e aparente apresentaram diferenças estatísticas ($p<0,05$) significativas quando se comparou a as sementes *in natura* e as submetidas a 190 min de secagem.

Quanto a porosidade, verifica-se que no início do processo de secagem as sementes de quiabo apresentaram valor médio de 0,83% e com a redução do teor de água a porosidade reduziu atingindo valor médio de 0,56%. Mesmo comportamento foi constatado por Di Lanaro *et al*. (2011) para grãos de feijão fradinho, Araújo *et al*. (2014) para grãos de amendoim. Durante o processo de secagem observou-se a contração volumétrica dos grãos o que pode proporcionar a redução dos espaços vazios e consequentemente da porosidade das sementes de quiabo.

Observa-se que o volume das sementes de quiabo sofreu um decréscimo com a redução do teor de água. Mesmo comportamento foi descrito por Siqueira *et al*. (2012) com frutos de pinhão-manso. Os valores médios do volume da semente de quiabo variaram 0,071 a 0,004 cm^3, sendo estes inferiores aos valores reportados por Guedes *et al*. (2011) com grãos de soja, os quais variaram de 0,162 a 0,182 cm^3 para teores de água variando de 9,87 a 19,76% (b.u.), respectivamente.

Com relação ao ângulo de repouso dinâmico, propriedade que descreve o ângulo necessário para iniciar o movimento de escoamento das sementes, verifica-se a tendência de diminuição de 48° para 20° do mesmo com a redução do teor de água e aumento do tempo de secagem. Segundo Aviara, Power e Abbas (2013) a obtenção dos menores valores do ângulo de repouso com o decréscimo do teor de água é uma tendência observada em grande parte dos produtos agrícolas. Pozitano e Rocha (2011) identificaram ângulo de 10° para sementes não escarificadas de *Senna macranthera*

(fedegoso) com grau de umidade igual a 8,7%, sendo este valor médio inferior ao reportado para as sementes de quiabo com umidade de aproximadamente 11%. Para sementes de acerola, Araújo *et al*. (2014) identificou valor médio de 50,5°, sendo tal valor levemente superior ao ângulo de repouso dinâmico das sementes de quiabo com 88,15% de teor de água.

O decréscimo do ângulo de repouso com a elevação do tempo de secagem sugere que com o maior tempo de exposição, os sementes diminuem a rugosidade de sua superfície, impondo, assim, uma menor resistência ao deslizamento de uma partícula da massa de produto contra a outra, reduzindo consequentemente o ângulo de repouso das sementes (Silva *et al*., 2019b). As características de porosidade, volume e ângulo de repouso dinâmico diferiram estatisticamente ($p<0,05$) quando se comparou a as sementes *in natura* e as submetidas a 190 min de secagem.

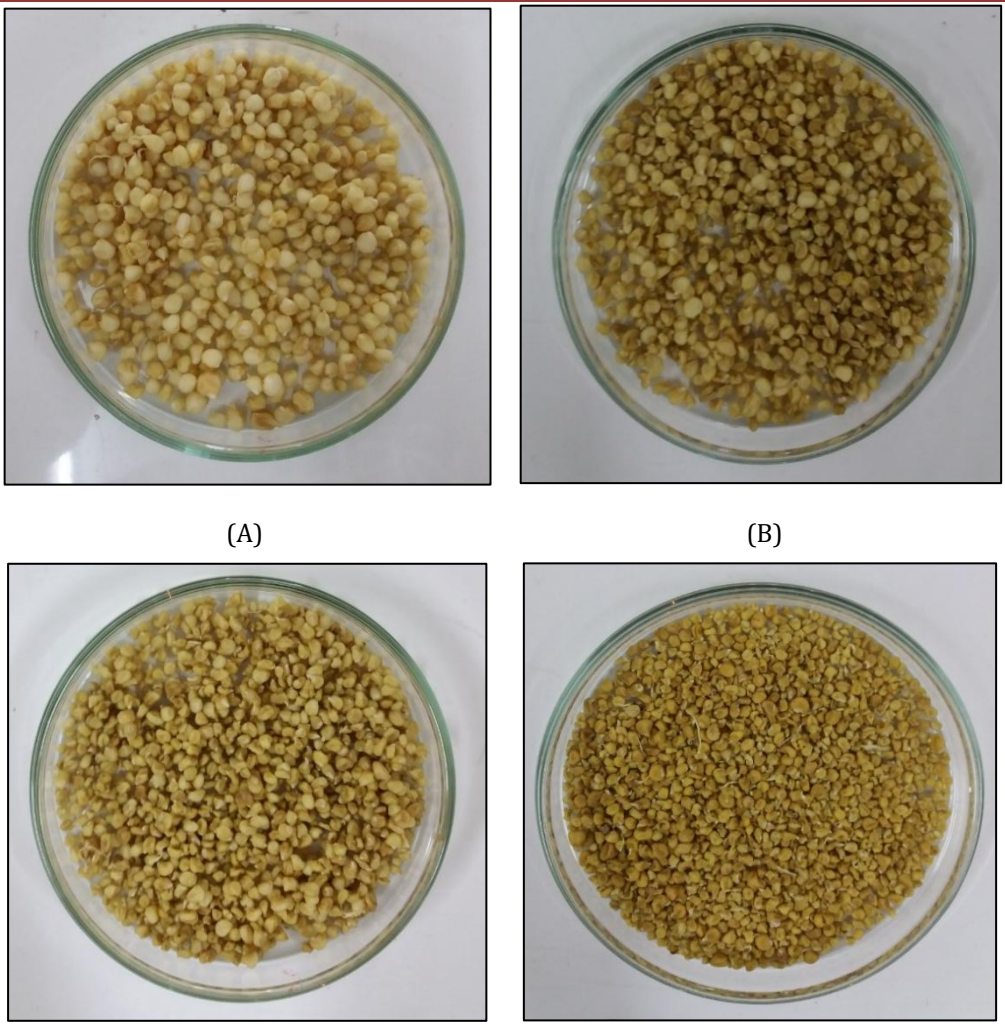
Verifica-se que houve uma tendência de redução nos três eixos ortogonais, sendo esses decréscimos de 54,41, 60,15 e 66,59%, respectivamente, para o comprimento (a), largura (b) e espessura (c) em relação às suas dimensões iniciais com o aumento do tempo de secagem. Todos os parâmetros de dimensões apresentaram diferenças estatística ($p<0,05$) em suas amostras. Esse comportamento, em que as dimensões reduziram com o decréscimo do teor de água, foi semelhante aos comportamentos encontrados por Bande *et al*. (2012) analisando sementes de melão, Razavi *et al*. (2007) grãos de pistache e Guedes *et al* (2011) grãos de soja.

Segundo Silveira *et al*. (2019) e Araújo *et al*. (2014) como a maioria dos produtos agrícolas, as sementes apresentam um encolhimento ligeiramente desuniforme em suas dimensões características durante o processo de secagem, apresentando maior e mais significativa diferença nas dimensões mutuamente perpendiculares entre as sementes após a redução do teor de água.

Nesse contexto pode-se notar que as sementes de quiabo, contraem-se irregularmente nas diferentes direções, com a secagem conforme como a maioria dos produtos biológicos tal como observado por Jesus *et al*. (2013) para sementes de feijão.

Na Figura 4, pode-se visualizar as sementes de quiabo após os diferentes tempos de secagem (80, 100, 120 e 190 min) na temperatura de 60 °C.

Figura 4 – Sementes de quiabos após os diferentes tempos de secagem (80, 100, 120 e 190 min) na temperatura de 60 °C



Nota: A: 80 min; B: 100 min; C: 120 min e D: 190 min.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração das sementes de quiabo apresentou um percentual de 12,62% de rendimento. O aumento do tempo de secagem das sementes de quiabo, promoveu uma redução das propriedades físicas, tais quais, teor de água, atividade de água, massa unitária, volume, porosidade, ângulo de repouso dinâmico, comprimento, largura e espessura. Ainda, proporcionou o aumento da massa especifica aparente e real. As sementes de quiabo após 190 min de secagem apresentaram teor de água de 11,35% e atividade de água menor que 0,6 condições estas que garantem estabilidade microbiológica no seu armazenamento, com oportunidade de aplicação tecnológicas.

REFERÊNCIAS

[1] ADELAKUN, O. E.; ADE-OMOWAYE, B. I. O.; ADEYEMI, I. A.; VAN DE VENTER, M. Mineral composition and the functional attributes of Nigerian okra seed (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench) flour. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 348– 352, 2012.

[2] ALMEIDA, F. de A. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. **Tecnologia de Armazenagem em Sementes**. 1. ed. Campina Grande: Marconi, 2006. v. 1. 382p.

[3] ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 279- 286, 2014.

[4] AVIARA, N. A.; POWER, P. P.; ABBAS, T. Moisture dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. **Industrial Crops and Products**, v. 42, p. 4296-104, 2013.

[5] BAEGHBALI, V.; NGADI, M.; NIAKOUSARI, M. Effects of ultrasound and infrared assisted conductive hydro-drying, freeze-drying and oven drying on physicochemical properties of okra slices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.102313, 2020.

[6] BAJAY, L. B.; DI LANARO, N.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, p. 27-35, 2011.

[7] BANDE, Y. M.; ADAM, N. M.; AZNI, Y.; JAMAREI, O. Moisture-dependent physical and compression of bitter melon (Citrullus colocynthis lanatus) seeds. **International Journal of Agricultural Research,** v.7, p.243-254, 2012.

[8] BAZÁN, U. R. A. **Avaliação de germoplasmas de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) quanto à resistência ao Oídio (Erysiphecichoracearum)**. Tese doutorado, UNESP, p.59, 2006.

[9] BEJAR, A. K., MIHOUBI, N. B., & KECHAOU, N. Moisture sorption isotherms: Experimental and mathematical investigations of orange (Citrus sinensis) peel and leaves. **Food Chemistry**, v. 132, p. 1728-1735, 2012.

[10] BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398 p.

[11] CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, C. H. P.; PERALTA, C. C. Drying kinetics, mathematical modeling and volumetric shrinkage of sunflower seeds (Helianthus Annuus L.). **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 319-330, 2015.

[12] DIAS, D.C.F.S.; PAIXÃO, G.P.; SEDYAMA, M.A.N.; CECON, P.R. Pré-condicionamento de sementes de quiabo: efeitos na qualidade fisiológica e no potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p. 224-231, 1999.

[13] DI LANARO, N.; BAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, p. 27-35, 2011.

[14] FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

[15] FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 119, p. 126-129.

[16] FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

[17] FINGER, F. L.; DELLA, M. E. J.; CASALI, V. W. D.; PUIATTI, M. Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. **Scientia Agricola** v. 65, n. 1, p. 360-364, 2008.

[18] GRASSELLI, Y.; HERRMANN, H. J. On the angles of dry granular heaps. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 246, n. 3–4, p. 301–312, 1997.

[19] GUEDES, M. A.; MATA, M. E. R. M. C; DUARTE, M. E. M.; FARIAS, P. de A. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, p. 279-294, 2011.

[20] GUSTAFSON, R. J.; HALL, G. E. Density and porosity changes of shelled corn during drying. **Transactions of the ASAE**, v. 15, n. 1, p. 523-525, 1972.

[21] IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 2008.

[22] JARRET, R. L.; WANG, M. L; LEVY, I. J. Seed oil and fatty acid content in okra (*Abelmoschus esculentus*) and related species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 8, p. 4019–4024, 2011.

[23] JESUS; F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, p. 9-18, 2013.

[24] KIBAR, H. Physical and mechanical properties of soybean. **International Agrophysics**, v. 22, p. 239- 244, 2008.

[25] MELO, K. D. S.; BEZERRA, M. S. T.; FERNANDES, T. K. S.; BRAGA, M. E. D. Determinação das propriedades físicas da semente de mamona. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.22, p.54-58, 2007.

[26] MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach science publishers Inc., 1986. 734p.

[27] MOSCON, E. S. **Cinética de secagem e propriedades físicas de quinoa e amaranto e qualidade de sementes de quinoa**. 72p. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Brasília, Brasília-DF. 2015.

[28] MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. 2000. **Olericultura: melhoramento genético do quiabeiro**. Viçosa: UFV. 144p.

[29] MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; CECON, P. R.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; MIZOBUTSI, G. P. Conservação e qualidade pós-colheita de quiabo sob diferentes temperaturas e formas de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 12-18, 2010.

[30] PAES, H. M. F.; ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 256-261, 2012.

[31] POZITANO, M.; ROCHA, S. C. S. Caracterização física e germinação de sementes de *Senna macranthera*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 777-784, 2011.

[32] PURQUERIO, L. F.; LAGO, A. A.; PASSOS, F. A. Germination and hardseedness of seeds in okra elite lines. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 232-235, abr-jun, 2010.

[33] RAZAVI, S. M. A.; EMADZADEH, B.; RAFE, A.; AMINI, A. M. The physical properties of pistachio nut and kernel as a function of moisture content and variety: Part I. Geometrical properties. **Journal of Food Engineering**, v.81, p. 209-217, 2007.

[34] SANTOS, I. F. dos; SANTOS, A. M. P.; BARBOSA, U. A.; LIMA, J. S.; SANTOS, D. C. dos; MATOS, G. D. Multivariate analysis of the mineral content of raw an cooked okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Microchemical Journal**, n. 110, p. 439–443, 2013.

[35] SHARANAGAT, V. S.; GOSWAMI, T. K. Effect of moisture content on physio-mechanical properties of coriander seeds (Coriandrum sativum). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 16, p. 166-172, 2014.

[36] SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1179-1184, 2005.

[37] SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 71-78, 2009.

[38] SILVA, D. D. A.; VESPUCCI, I. L.; DEVILLA, I. A. Modelagem Matemática Das Curvas De Secagem De Sementes De Maracujá 'Brs' Pérola Do Cerrado'. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 99-107, 2018.

[39] SILVA, S. N.; PEREIRA FILHO, M. D.; GUEDES, M. H. S.; SOUSA, M. T. L.; GOMES, J. P.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; WANDERLEY, R. S. O.; BARROS, S. L.; SILVA, V. M. A. Determination of the Physical Properties of Grains of Lens culinaris L. **Journal of Scientific and Engineering Research**, v. 6, n. 4, p. 36-40, 2019a.

[40] SILVA, S. N.; BARROSO, A. J. R.; MATOS, J. D. P.; SILVA, P. B.; GOMES, J. P. Propriedades físicas de feijão verde em função de diferentes temperaturas de secagem. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 3, p. 11-17, 2019b.

[41] SILVEIRA, D. C.; LEITE, A. C. N.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Características físicas de grãos de feijão-fava rajada, *Phaseolus lunatus* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**,

v. 14, n. 4, p. 518-523, 2019.

[42] SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOARES, F. A. L. Forma e tamanho dos frutos de pinhão-manso durante a secagem em cinco condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 864-870, 2012.

[43] SOUZA, I, M. **Produção do quiabeiro em função dos diferentes tipos de adubação**. Dissertação (Mestrado em Ecossistema), 2012. 66f. Universidade Federal de Sergipe, 2012.

[44] TUNES, L.M. *et al*. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n.1, p. 12-17, 2011.

Capítulo 11

Métodos integrados para a conservação de produtos de origem animal

Djonathan Adamante

Resumo: Os produtos cárneos embutidos ocupam um espaço de destaque na preferência dos consumidores, com um crescimento constante em diversas linhas de produção. Este capítulo apresenta uma análise sistemática sobre a combinação de métodos convencionais e não convencionais de conservação aplicados a embutidos cárneos. A partir da revisão de estudos científicos recentes, são discutidas tecnologias emergentes como ultrassom, alta pressão hidrostática e plasma frio e suas interações com métodos tradicionais, incluindo salga e defumação. O objetivo central foi identificar soluções capazes de ampliar a vida útil, aprimorar a segurança microbiológica e preservar as características sensoriais desses produtos. De modo geral, as pesquisas analisadas evidenciam efeitos sinérgicos entre as diferentes técnicas, resultando em alimentos mais seguros, nutritivos e sensorialmente atrativos. Os resultados reforçam a relevância da integração dessas inovações no setor alimentício, respondendo às demandas contemporâneas por produtos mais saudáveis e tecnologicamente sustentáveis.

Palavras-chave: indústria alimentícia, qualidade sensorial, segurança alimentar, tecnologias emergentes.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será possível observar de forma detalhada combinações de métodos, que foram estudadas por outros pesquisadores que conseguiram identificar quais tecnologias emergentes têm o maior potencial para complementar os métodos tradicionais, proporcionando um avanço significativo na conservação de alimentos.

O Brasil e os Estados Unidos dividem as maiores produções e exportações de carnes do mundo, representando a nível global cerca de um terço destas demandas. Em países desenvolvidos a ingestão de carne processada representa 22% do total de carne consumida, proveniente tanto de carnes vermelhas quanto de aves. Estudos indicam que o principal fator determinante do consumo de carne per capita globalmente está associado ao poder de compra.

Partindo desta perspectiva, há uma tendência crescente entre as camadas sociais com menor renda de optar por carne de aves como alternativa à carne vermelha, contudo, os pesquisadores apontam a necessidade de mais investigações epidemiológicas sobre a carne branca e sua relação com os resultados de saúde e doença em longo prazo.

Com o aumento da demanda e qualidade destes alimentos, a indústria está se inovando quanto ao processamento destes produtos cárneos, usando matérias-primas cada vez mais onerosas, porém que proporcionam mais eficiência no processo de produção, desenvolvendo produtos a custos mais baixos, devido à qualidade destas matérias-primas, tudo isso em razão de que os consumidores estão exigindo produtos cárneos com maior qualidade e de boa procedência.

O emprego de tecnologias de processamento de alimentos de origem animal é determinado pelo tipo de produto desejado, o que pode variar de acordo com a textura da massa, indo de grosso a fino. Essas texturas são definidas pelo processo de moagem, que varia conforme o tipo de produto. Podem ser categorizados como produtos reestruturados (hambúrgueres), de massa fina (salsichas) e de massa grossa (apresuntados), a fim de exemplificação.

Foram realizados filtros de pesquisa para encontrar artigos científicos relevantes com alto fator de impacto e atuais dos últimos dez anos sobre o assunto proposto, sendo embasado nas seguintes bases de dados: Periódicos Capes, Google Acadêmico, PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, utilizando os termos citados nesta metodologia em inglês, sendo: *Combination of preservation methods in processed meats; Hurdle technology in sausages; Natural preservatives in meat products; Packaging methods and shelf life of cured meats.*

2. DESENVOLVIMENTO

Em 2021 o mercado da pecuária de corte no Brasil movimentou cerca de 6% do produto interno bruto, abordando diversas áreas que impactam diretamente nestes indicadores, como o melhoramento genético, sanidade e alimentação animal, setor de exportação e comercialização interna, demonstrando a força do mercado de carnes do país (Brasil, 2022).

2.1 PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

O mercado brasileiro tem evidenciado uma notável expansão no consumo de embutidos de carne, sendo evidente que essa tendência ascendente é impulsionada por diversos fatores, incluindo o preço acessível em comparação com outras opções de carne e o tempo de preparo reduzido, o que tem contribuído para uma presença cada vez maior desses alimentos nas refeições dos brasileiros, uma vez que a população progressivamente apresenta menor disponibilidade de tempo, buscando produtos acessíveis e de fácil preparo (Oliveira *et al*., 2017).

A preparação de produtos de origem cárnea, tem sido praticada desde tempos antigos e tem evoluído constantemente ao longo do tempo, com melhorias contínuas nas formulações e técnicas de produção desses produtos processados (Shimokomaki *et al*., 2003).

Alimentos à base de carne são produtos feitos inteira ou parcialmente a partir de carne, miúdos ou gorduras, bem como subprodutos comestíveis provenientes de animais abatidos ou outras espécies. Estes podem ou não conter adição de aditivos autorizados, temperos, especiarias e/ou ingredientes de origem animal ou vegetal (Ordoñez *et al*., 2005).

O processo de industrialização consiste na transformação de carnes em produtos cárneos, objetivando ampliar sua vida útil, desenvolver diferentes sabores e utilizar partes do animal de difícil comercialização quando no estado fresco, propiciando grandes modificações nas propriedades físico-químicas da carne fresca. Este, envolve geralmente cortes cárneos ou fracionados cárneos, podendo-se adicionar condimentos, especiarias e outros aditivos (Terra,1998; Pardi *et al*., 2007; Fennema; Damodaran; Parkin, 2010).

2.2. MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO CONVENCIONAIS DE ALIMENTOS

2.2.1. CONSERVAÇÃO PELO CALOR

Os métodos de conservação pelo calor em alimentos mais utilizados na indústria de produtos de origem animal são a pasteurização, tindalização, esterilização e a apertização. Podemos citar também os processos de branqueamento, desidratação, evaporação, destilação, fritura, entre outras técnicas empregadas em diversas classes de alimentos (OPAS, 2019).

O tratamento térmico pela pasteurização consiste na destruição de microrganismos patogênicos, por meio do emprego de temperaturas brandas, variando de acordo com o tipo do método e do alimento, podendo ser lenta de 65°C durante 30 minutos, sendo mais utilizada em leite de cabra por ter uma logística de produção menor (Costa *et al*., 2019).

A pasteurização rápida em leite tipo A, B e C, se utiliza 75°C por 15 segundos e para leite UHT, método super-rápido 130°C a 150°C durante 2 a 4 segundos, de fluxo contínuo, resfriado inferior a 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (Costa et al., 2019; Domareski *et al*., 2010).

O método de tindalização consiste em submeter o alimento a temperaturas entre 60°C e 90°C durante alguns minutos, seguidos de resfriamento, podendo ser repetido a cada 24 horas, com objetivo de eliminar os microrganismos presentes, e, não destruir nenhuma característica nutricional do alimento (Moreira, 2015).

O processo de apertização é utilizado em alimentos devidamente embalados em recipientes herméticos, como latas, vidros, plásticos ou outros materiais, que podem resistir ao calor. Esses alimentos são submetidos a uma temperatura de aproximadamente 120°C, com durações específicas, variando de acordo com cada produto, com o objetivo de alcançar a esterilização (Moreira, 2015; Tavares; Furtado, 2012).

2.2.2. CONSERVAÇÃO PELO FRIO

Os métodos de conservação pelo frio consistem basicamente na refrigeração, congelamento e supergelação do alimento. Na refrigeração ocorre o abaixamento da temperatura entre -1,5°C e 10°C, visando a conservação dos alimentos de forma temporária, até o momento que o mesmo seja consumido ou passe por outro processo de conservação mais efetivo. Neste processo, não ocorre a eliminação completa dos microrganismos, mas sim a interrupção de seu ciclo reprodutivo, o que resulta na desaceleração do processo de deterioração dos alimentos (Leonardi; Azevedo, 2018).

Na prática de congelamento são empregadas temperaturas inferiores a -18°C, com intuito de mudar o estado físico da água no alimento, reduzindo a atividade microbiana e a ação enzimática. Pode ser feito na forma lenta com duração de 3 a 12 horas ou rápida de 1 a 3 minutos, por meio do emprego de ar, placas refrigeradas ou imersão em nitrogênio. Os alimentos submetidos ao supercongelamento não sofrem danos em seus tecidos, em função da rapidez do processo, com aplicação da temperatura de impacto entre -30°C a -50°C, durante trinta minutos, mantendo a qualidade dos alimentos (OPAS, 2019).

2.2.3. CONTROLE DE UMIDADE

A conservação dos alimentos pelo controle de umidade talvez seja o método mais antigo utilizado pelo homem. Com objetivo primário de que os alimentos não sofressem deterioração, técnicas como a secagem, instantaneização, concentração, desidratação, atomização e liofilização podem ser utilizadas em diversos produtos (Soares; Silva; Góis, 2017; Peronne *et al*., 2013).

Dentre estes métodos, o mais utilizado em produtos de origem animal é a secagem, que consiste em expor a matéria-prima por longos períodos à radiação solar, muito implementada em carnes de sol, como o charque, ou sobre condições controladas industrialmente, reduzindo a umidade até um nível que possibilite a conservação (Soares; Silva; Góis, 2017).

Outros métodos como a atomização, concentração e liofilização são altamente implementados na indústria de produtos lácteos, todos com objetivo de reduzir os níveis de água no alimento, inviabilizando a ação de microrganismos e reações enzimáticas e químicas (Peronne *et al*., 2013).

2.2.4. DEFUMAÇÃO

A defumação pode ser feita pelos métodos frio, quente ou por fumaça líquida, comumente empregadas em carnes, peixes, queijos e entre outros produtos para prolongar sua vida útil e melhorar seu perfil de sabor (Garcia, 2021).

A técnica a frio, ocorre a secagem e remoção gradativa da umidade, e os alimentos são expostos a fumaça gerada por uma fonte fria, com temperaturas abaixo de 30°C. Quando a quente, é feita a elevação entre 65°C a 85°C, para que ocorra o cozimento do produto e acelerar a velocidade das reações. Já o método por adição de fumaça líquida é realizado por meio de ácidos, fenóis e carbonilas, que tem efeitos bacteriostáticos garantindo a conservação dos alimentos (Garcia, 2021).

2.2.5. ADIÇÃO DE SAL E AÇÚCAR

Estes métodos de conservação de alimentos são realizados historicamente pelo homem, tanto pela adição de sal, como por açúcar. A técnica de salga, pode ser feita de várias formas, sendo a seco, úmida ou mista, e, consiste basicamente na aplicação de altas concentrações deste ingrediente no alimento, com objetivo de reduzir a presença de microrganismo por meio da desidratação, com isso conservando o produto por um maior período de tempo, amplamente utilizada em carnes e seus derivados (Farias *et al*., 2022; Inguglia *et al*., 2017).

Neste mesmo modo, se desempenha a técnica de adição de açúcar, é utilizada em grande escala na elaboração de compotas e geleias, com objetivo de conservação, diferente dos embutidos cárneos como salsichas, linguiças e patês, onde são empregados menores teores, desempenhando outras características físicas e químicas e propriedades organolépticas (Lopes, 2007).

2.2.6. RADIAÇÃO IONIZANTE

A radiação ionizante é um método físico de conservação que prolonga a vida útil dos alimentos, e não traz nenhum malefício radioativo ao produto. Este processo proporciona a melhora da qualidade sem alterar o sabor, a aparência ou o aroma dos alimentos, por meio da conservação a frio, onde é feito o emprego de partículas de energia eletromagnética, sem gerar aquecimento (Leonardi; Azevedo, 2018; Vilabol, 2010).

Quando um material é exposto a qualquer tipo de radiação ionizante, ocorre a formação de pares de íons, as moléculas são excitadas, absorvendo uma parte da energia transferida. Esses pares de íons podem possuir energia suficiente para gerar novas ionizações e excitações. Causam efeitos biológicos, porém este processo não tem o poder de elevar o nível de radioatividade natural dos alimentos, não importa a duração da exposição ou a quantidade de radiação absorvida (Vilabol, 2010).

2.2.7. FERMENTAÇÃO

Os métodos de conservação de alimentos por meio da fermentação podem ser realizados por via alcoólica, láctica, butírica, acética, entre outras. A primeira é realizada por leveduras e bactérias do gênero *Zymomonas*, onde ocorre a conversão de piruvato e produção de etanol, empregado como agente conservante em bebidas de modo geral (Macêdo, 2017; Bandeira, 2010).

A fermentação láctica apresenta maior emprego em produtos de origem animal, em especial aos derivados do leite, como iogurte e queijo, sendo um processo biológico no qual os açúcares são convertidos em ácido láctico por organismos como bactérias lácticas.

Este, abaixa o pH do meio, criando um ambiente ácido que ajuda a preservar os alimentos e inibir o crescimento de bactérias indesejadas (Bandeira, 2010).

O ácido cítrico é frequentemente empregado na indústria alimentícia, especialmente devido à sua elevada solubilidade em água e sua capacidade de atuar como agente que se combina com metais como cobre e ferro. Quando combinado com antioxidantes fenólicos, potencializa seu efeito, sendo evidente em diversos produtos como gorduras, óleos, emulsões, frutas, vegetais e bebidas (Macêdo, 2017).

2.2.8. ADITIVOS

A conservação de alimentos por aditivos alimentares consiste no emprego intencional de produtos químicos sem propósito de nutrir, mas com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação, agregando-se ao produto manipulado, resultando em um componente do alimento (Brasil, 2000).

Dentre os principais aditivos utilizados na conservação de embutidos cárneos, podemos citar os nitratos e nitritos que são frequentemente utilizados para preservar a cor e o sabor dos embutidos, e inibir o crescimento de bactérias nocivas, como *Clostridium botulinum*, o ácido cítrico, utilizado para ajustar pH e estabilidade, e o sorbato de potássio, que auxilia na prevenção do crescimento de microrganismos indesejados no produto, além de prolongar a vida útil dos produtos e garantir sua segurança alimentar (Iamarino *et al*., 2015; Nassu, Bessera e Gonçalves, 2002).

Embora esses aditivos desempenhem um papel crucial na manutenção da qualidade e segurança dos embutidos, é importante que seu uso seja cuidadosamente regulamentado para minimizar riscos à saúde. A utilização responsável desses ingredientes garante que os produtos permaneçam frescos e seguros para o consumo, ao mesmo tempo em que mantém os padrões de qualidade desejados (Iamarino *et al*., 2015; Nassu, Bessera e Gonçalves, 2002).

2.3. MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO NÃO CONVENCIONAIS DE ALIMENTOS

2.3.1. MICRO-ONDAS

Esta tecnologia é empregada especialmente na indústria de produtos cárneos, no controle e conservação de alimentos, objetivando a redução microbiana, prolongando a vida de prateleira dos produtos. Consiste na aplicação de radiação em determinados comprimentos de onda, onde os menores comprimentos são mais letais aos microrganismos (Santos *et al*., 2019; Menezes *et al*., 2014).

A tecnologia de micro-ondas é uma técnica promissora na ação microbiana de produtos cárneos, e vem ganhando visibilidade na indústria de alimentos. Esta pode ser implementada através do espaço ou de um meio material, variando a frequência e tempo de aplicação conforme o tipo de alimento e objetivo (Menezes *et al*., 2014).

2.3.2. INFRAVERMELHO

A espectroscopia na região do infravermelho é uma opção de método de conservação em carnes, que utiliza uma radiação em bandas específicas, a qual absorve grupos funcionais como -OH e -COOH, gerando uma amplitude na molécula desejada, não provocando transições eletrônicas e danos a estrutura do alimento (Nunes, 2015).

Esse método aproveita as ondas de infravermelho para aquecer de forma eficiente e controlada os alimentos, eliminando microrganismos patogênicos e inibindo o crescimento de bactérias que podem causar deterioração. A tecnologia permite uma aplicação mais uniforme e precisa do calor, o que reduz o risco de superaquecimento e preserva melhor as propriedades organolépticas, resultando em menor consumo de energia e em um processo mais sustentável (Novaes, 2012).

2.3.3. AQUECIMENTO ÔHMICO

A utilização do equipamento de aquecimento ôhmico é uma técnica inovadora na indústria de alimentos, e, tem por princípio o tratamento térmico por meio da passagem de uma corrente elétrica alternada através do produto que atua como resistência elétrica, gerando calor interno, permitindo o processamento a alta temperatura e curto tempo, proporcionando melhores produtos, com uma qualidade superior do que aqueles tratados por meio de aquecimento convencional (Nascimento; Reis; Rebello, 2014).

Nesse processo, a corrente elétrica é aplicada diretamente ao produto, resultando em um aquecimento volumétrico que minimiza as diferenças de temperatura dentro do embutido cárneo, acelerando o tempo de processamento, e melhorando a homogeneidade do aquecimento, reduzindo o risco de pontos frios que podem comprometer a segurança microbiológica do alimento (Martins, 2021).

Além de preservar melhor as propriedades sensoriais e nutricionais dos embutidos cárneos, uma vez que o processo é menos agressivo comparado a métodos térmicos convencionais. A tecnologia também é mais eficiente em termos energéticos, contribuindo para uma produção mais sustentável e econômica (Martins, 2021).

2.3.4. CAMPO ELÉTRICO PULSADO

O método de conservação por campo elétrico pulsado é uma técnica não térmica, utilizada mais especificamente em produtos líquidos. Por meio da aplicação de campos de alta intensidade entre 5 e 55 kilovolts por centímetro, esses pulsos elétricos de curta duração, ao serem repetidos vários números de pulsos, apresentam finalidade de inativar enzimas e destruir micro-organismos (Binotti *et al*., 2012).

2.3.5. PULSO DE LUZ

A luz pulsada oferece uma abordagem não térmica para a conservação, o pulso de luz compreende no emprego de flashes ou pulsos contínuos de luz de alta intensidade sobre o alimento que se deseja tratar, realizada no interior de uma câmara de tratamento, com este método, o objetivo é inativar o máximo de microrganismos presentes, bem como sistemas enzimáticos que possam vir a deteriorar o produto empregado (Faustino, 2013).

Esta técnica preserva as características sensoriais e nutricionais dos alimentos, sendo aplicada de forma eficiente e rápida, minimiza o impacto sobre a qualidade do produto, já que não utiliza produtos químicos e reduz a necessidade de conservação térmica, resultando em menor consumo de energia (Faustino, 2013).

2.3.6. ULTRASSOM

A técnica de ultrassom é utilizada para análise e alteração de alimentos, e emprega ondas sonoras cuja frequência ultrapassa a capacidade auditiva humana (20kHz). Método mecânico proporciona o amaciamento de carnes, resultando na melhora da textura, uma vez que a cavitação ultrassônica quebra o tecido conjuntivo perimisal e torna a estrutura mais macia. Tem o potencial de otimizar os processos, empregada em diversas aplicações alimentícias, tais como extração, mistura, emulsificação e esterilização de líquidos variados, como leite e produtos cárneos, sendo utilizado como agente preventivo e antimicrobiano (Rossi *et al*., 2020).

2.3.7. ALTA PRESSÃO

O método de conservação pelo processamento de alta pressão é notadamente difundido na indústria de alimentos, na inativação de microrganismos patogênicos e enzimas, permitindo assim o prolongamento da vida útil de prateleira dos produtos. Está técnica, atualmente vem sendo estudada como alternativa no amaciamento de carnes, e consiste em submeter os alimentos a pressões hidrostáticas elevadas (50 a 1000 MPa), superior ao normalmente empregado nos processos mais usuais aplicados a alimentos (Neto; Rosenthal; Gaspar, 2011).

2.3.8 MEMBRANAS

As técnicas de separação por membranas mais utilizadas no processamento de alimentos, em especial produtos líquidos, como o leite e seus derivados, consiste na passagem seletiva em uma determinada membrana, estas são movidas por uma força motriz dependendo do processo empregado, podendo ser por microfiltração, ultrafiltração, osmose inversa, evaporação osmótica e pervaporação, e em um determinado tamanho de poro (0,01-0,10 μm), aprisionam os microrganismos patogênicos desejados, auxiliando na conservação deste alimentos (Trindade, 2002).

Na indústria de processamento de alimentos, a osmose inversa é amplamente utilizada na recuperação de subprodutos na fabricação de queijos, bem como na filtração do leite para modificar a lactose na produção de sorvetes (Vilabol, 2010).

2.3.9. PROCESSO TÉRMICO DESCONTÍNUO E CONTÍNUO

Os processos térmicos descontínuo e contínuo geralmente são utilizados na indústria para alimentos líquidos, e consiste no uso do calor para estender a vida de prateleira do produto, gerando a destruição microbiana e inativação enzimática, através do aquecimento por convecção, condução ou de forma combinada por modos de transferência de calor em latas (Murasaki; Da Silva; Tadini, 2004).

2.4. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

2.4.1. EMBALAGENS

O processo de embalagem tem por função a conservação, assegurando sua qualidade, atuando como barreira contra agentes deteriorantes, visando prolongando sua vida útil, controlando fatores como umidade, oxigênio, luz, microrganismos, impedindo o seu desenvolvimento no produto (Tao *et al*., 2023).

O processo de extrusão para embalagens plásticas, de acordo com a sua reação ao calor e composição química. Este processo, podem ser classificados em termoplásticos, que são perfeitamente fundíveis, pois amolecem quando aquecidos, endurecendo ao se resfriarem, ou termorrígidos, que são permanentemente infusíveis a pressões, uma vez endurecidos são insolúveis nos dissolventes orgânicos (Vilabol, 2010).

A embalagem deve ser adequada, constituída de materiais e substâncias que não migrem para o produto, colocando em risco a segurança dos consumidores ou alterar as características organolépticas do produto. Devem ser herméticas, resistir a temperatura e variações no volume durante o processo, sem perigo de deformação permanente e sem promover a recontaminação, podendo ser realidade em atmosfera modifica (Santos, 2016; Jorge, 2013).

2.5. MÉTODOS COMBINADOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Os métodos combinados de conservação de alimentos visam a prevenção de contaminação, a eliminação de microrganismos presentes e a barreira para multiplicação, tornando os alimentos seguros para consumo e prolongando sua vida útil (OPAS, 2019).

Esta tecnologia é denominada de barreiras ou obstáculos a qual foi desenvolvida como um novo conceito para a produção de alimentos seguros, estáveis, nutritivos, saborosos e econômicos. Existem mais de 60 barreiras potenciais que podem ser usadas para conservação de alimentos, mas os obstáculos mais importantes são: temperatura (alta ou baixa), atividade de água (aw), acidez (pH), potencial de oxidação-redução (Eh), conservantes químicos (nitrito, sorbato, sulfeto) e microrganismos competitivos (bactérias do ácido lático) (Valdés *et al*., 2017).

No entanto está técnica é eficaz apenas com métodos convencionais, sendo essencial novas técnicas de conservação de alimentos, como micro-ondas, radiofrequência, injeção direta de vapor, aquecimento ôhmico, irradiação, biopreservação, bacteriocinas, processamento por alta pressão, revestimentos comestíveis (OPAS, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A combinação de métodos de conservação de embutidos cárneos é amplamente estudada para melhorar a segurança, a qualidade e a vida útil destes produtos. A fim de trazer uma abordagem organizada e clara sobre o assunto, demonstramos quais são os principais métodos de conservação destes alimentos que combinados trouxeram os resultados relevantes e promissores para a comunidade acadêmica dentro do contexto da pesquisa (Martínez *et al*., 2023).

3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

Foram incluídos 25 estudos na revisão sistemática, abordando artigos científicos publicados nos últimos dez anos, e, correspondem a uma combinação de ensaios experimentais, estudos de caso e revisões bibliográficas anteriores a esta pesquisa.

Diante da análise sistemática realizada destes artigos, foi possível observar que a maioria dos estudos, cerca de 60%, foi realizada na Europa, seguida pela América do Norte, com 20%, na Ásia com 12% e na América Latina com 8%. Cabe ressaltar que todos os estudos selecionados investigaram direta ou indiretamente a combinação de métodos convencionais e não convencionais de conservação em produtos embutidos cárneos, sendo notado maior incidência em salsichas, salames e presuntos curados.

Quanto aos métodos convencionais que foram combinados a outras técnicas de conservação, foi possível observar a predominância de 92% da salga, 88% da defumação, 80% de cura e 76% de pasteurização. Justifica-se a presença destes métodos na grande maioria dos estudos, por serem práticas amplamente utilizadas na indústria de alimentos, e apresentam funções tecnológicas comprovadas na redução da atividade de água, prevenção do crescimento microbiano e melhora da estabilidade oxidativa destes produtos cárneos (Amaral, Silva e Lannes, 2018).

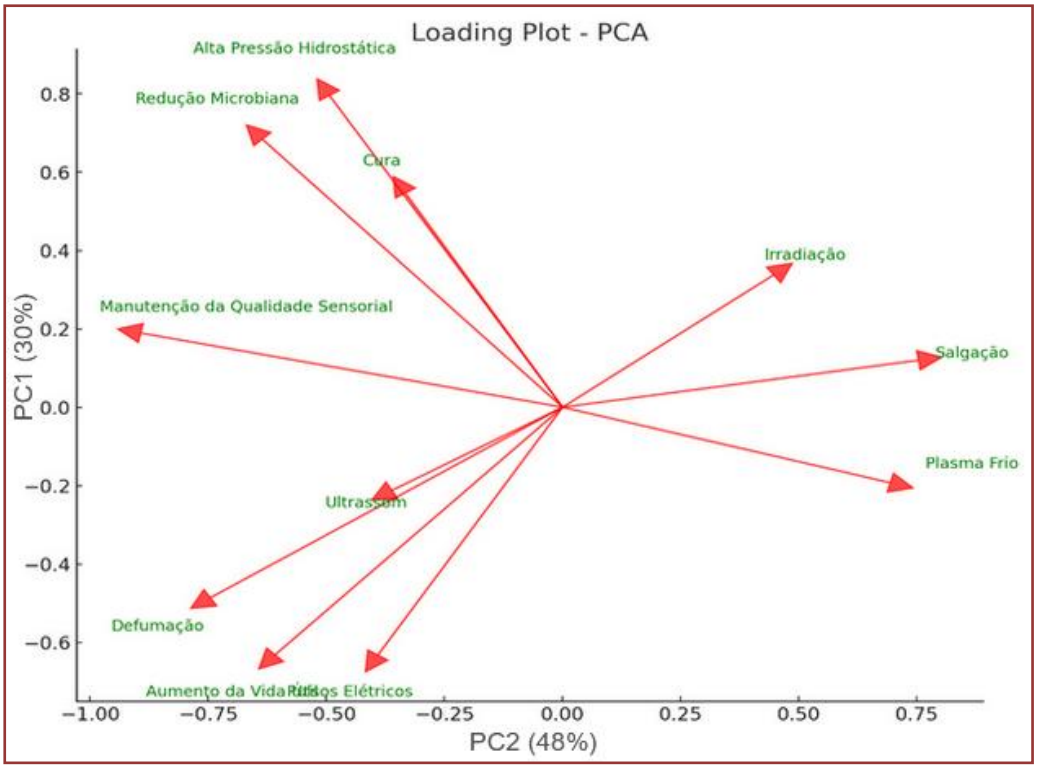
No que tange ao emprego combinado de métodos não convencionais na conservação de embutidos cárneos, as tecnologias emergentes mais empregadas foram a alta pressão hidrostática (APH) correspondendo a 48% dos estudos e o método de conservação por ultrassom, presente em 32% dos trabalhos. Além destes, também foram explorados outros métodos observados nas pesquisas, como o plasma a frio, sendo citado em 20% dos trabalhos e a técnica de pulsos elétricos de alta intensidade em 12%, que são utilizados principalmente para inativação microbiana sem afetar negativamente as propriedades sensoriais do produto cárneo (Hafsan *et al*., 2023).

A Figura 01 demonstra a análise dos componentes principais da combinação dos métodos de conservação convencionais e não convencionais aplicados em produtos embutidos cárneos, extraídos do estatístico SAS (versão 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC) usando o procedimento MIXED.

As setas em vermelho, são os *loadings*, representam a contribuição de cada variável original para os componentes principais (PC1 e PC2), onde cada seta aponta na direção em que a variável original tem o maior impacto nos componentes principais.

Os componentes principais (PCs) representam as variáveis mais correlacionadas e contribuem para as variâncias capturadas em cada eixo da figura.

Figura 1 – Análise dos componentes principais da combinação de métodos de conservação em produtos embutidos cárneos



Com a interpretação destas retas é possível entender as relações entre os métodos de conservação utilizados e os resultados observados, sendo que no eixo PC1 conseguimos observar 48% da variância total dos dados e no PC2 verticalmente, captura 30% da variância total dos dados, em segundo mais importante em termos de variância explicada.

Juntos, PC1 e PC2 capturam 78% da variação total dos dados, o que significa que a maioria das informações contidas nas variáveis originais pode ser compreendida observando esses dois componentes.

3.2. EFEITOS SINÉRGICOS DAS COMBINAÇÕES DOS MÉTODOS

Diante da análise sistemática dos artigos científicos obtidos, conforme descrito na metodologia deste trabalho, neste item, dispomos a compilação destas informações, os quais serão expressos de forma descritiva e por compilação em forma de tabela. Após a revisão dos estudos, foi possível observar que a aplicação da teoria de barreiras por meio da combinação de métodos convencionais e não convencionais frequentemente resultou em efeitos sinérgicos, demonstrando a melhoria significativa na segurança microbiológica e na vida útil dos produtos cárneos (Consigliere; Meloni e Mazzette, 2017).

A exemplo disso, podemos verificar no primeiro estudo citado, onde a combinação de defumação com alta pressão hidrostática resultou em uma redução de até 5 log na contagem de *Listeria monocytogenes* em salsichas, sem alterar significativamente a textura ou o sabor do produto (Gómez, Ibañez e Beriain, 2019).

Tabela 1 – Síntese de artigos relacionado a combinação de métodos de conservação

Estudo	Métodos*	Produto	Efeito Esperado	Considerações
Gómez *et al*. (2020)	Defumação/ APH	Salsicha	Redução de 5 log em *Listeria monocytogenes*	Nenhuma alteração significativa, Combinação eficaz sem impacto sensorial negativo
Banerjee *et al*. (2017)	APH/ Irradiação	Hambúrguer	Controle microbiano	Reduziram significativamente a contagem total de produtos em placas
Lopes *et al*. (2021)	APH/ Atmosfera modificada	Salsicha	Controle microbiano / redução de sódio	Manteve o controle de *L. innocua e Salmonella spp*. Necessidade de novas matérias-primas
Rocchette *et al*. (2021)	Temperatura / Aditivos	Salsicha	Controle microbiano / redução de sódio	Semelhante ao controle/ desiquilíbrio oxidativo
Pangesthi; Sulandari (2019)	Aditivos/ embalagem	Linguiça Angkak	Vida útil	Ampliação de 3 dias.
Komora *et al*. (2023)	APH/ Cultura Starter	Salsicha	Produto Clean Label	Nenhuma alteração significativa do controle
Amaro-Blanco *et al*. (2017)	Embalagem/ APH	Paleta suína	Estabilidade microbiana/ oxidação lipídica	Não foi eficaz na conservação
Borges *et al*. (2020)	Defumação/ APH	Salsicha	Estabilidade microbiana/ sensorial	Efeito antimicrobiano/ leve alteração de cor e oxidação
Pérez-Santaescolástica *et al*. (2018)	Secagem/ APH	Presunto Curado	Perfil de aminoácidos e compostos voláteis	Houve melhora significativa em relação a amostra controle
Kor e Icier (2016)	Infravermelho/ diferentes temperaturas	Almondega	Eficácia térmica/ textura	Uniformidade textura e aceitação sensorial

* Métodos convencionais e não convencionais de conservação aplicados nos estudos.

Conforme é possível verificar anteriormente na Tabela 1, o método de alta pressão hidrostática foi citado em quase 50% dos estudos que empregaram a combinação destas técnicas de conservação, e, também outras pesquisas que utilizaram métodos de conservação diferentes ou complementares (O'neil *et al*., 2019).

Rodrigues *et al*. (2016) evidenciaram que esta técnica proporciona a produção de produtos cárneos mais seguros, e quando combinado estes tratamentos possibilitaram obter um produto cárneo viavel por até 14 dias com teor de sal reduzido ao usar, por exemplo, 600 MPa por 5 minutos.

Ressaltando a aplicabilidade da tecnologia de barreiras este estudo, incluiu em sua pesquisa, várias técnicas de conservação no processamento de salsichas, como o pH baixo, atividade de água, embalagem a vácuo e reaquecimento pós-embalagem, e, observaram que com a aplicabilidade destes métodos houve a diminuição do crescimento de diferentes microrganismos patogênicos e de deterioração (Thomas; Anjaneyulu; Kondaiah, 2010).

Os autores reforçaram que a aplicação destas tecnologias de barreiras reduziu inicialmente os atributos sensoriais, porém não teve diferença significativa em comparação ao controle. Reforçando que as salsichas tratadas com barreira não

apresentaram sinais de deterioração, bem como a inibição do crescimento microbiano por 30 dias de armazenamento, diferente da controle que foram consideradas aceitáveis apenas por até 18 dias (Thomas; Anjaneyulu; Kondaiah, 2010).

Em um dos artigos, os autores verificaram que os trabalhos publicados que utilizaram métodos inovadores de conservação de produtos cárneos, que objetivaram a redução de sódio, gorduras saturadas e nitritos nos alimentos processados, identificaram como técnicas emergentes, o emprego do ultrassom e da APH como alternativas viáveis e promissoras (Rodrigues *et al*., 2023).

Rodrigues *et al*. (2023) observaram também além do foco da pesquisa citada no parágrafo anterior, que estas técnicas ostentam respostas positivas na promoção da estabilidade ao inibir o crescimento microbiano, melhorando a retenção de água e preservando as características sensoriais dos alimentos, como suculência e sabor, bem como na redução do tempo de processamento.

O uso de processamento de APH combinado com outras tecnologias, como temperatura controlada, pH ajustado, agentes antimicrobianos e embalagens com atmosfera modificada, se mostrou o método mais citado e eficaz, quanto a ampliação da vida útil de alimentos embalados na cadeia fria, por apresentar um potencial de inativação de microbiana sem afetar negativamente as propriedades sensoriais dos alimentos, como também servido como uma estratégia para a redução do uso de aditivos alimentares (Wu *et al*., 2022).

Siekmann; Plötz e Krischek (2021) reforçam a importância da aplicação da tecnologia de barreiras no processamento de produtos cárneos, e, traz uma variedade de métodos de cura alternativos que apresentam bons resultados, citando o emprego de ingrediente naturais, combinados ao método de irradiação por plasma frio, como estudo promissor para preservar a cor e a segurança microbiológica dos alimentos, além de reduzir resíduos de nitrito.

O uso de pulso elétrico é uma tecnologia emergente, e, que combinado a métodos de conservação que proporcionam melhorias significativas nas características sensoriais e microbiológicas do produto, potencializam seus efeitos benéficos, prolongando a vida útil e garantindo a retenção de cor, sabor e textura, sem causar danos à estrutura proteica da carne (Roobab *et al*., 2023).

3.3. IMPACTO NA QUALIDADE NUTRICIONAL E SENSORIAL

Quase a totalidade dos estudos indicaram que a qualidade sensorial dos produtos cárneos foi mantida ou melhorada com o uso combinado de métodos de conservação. Estes métodos não convencinais apresentam alto ganho ecológico e não causam prejuízos ao valor nutricional, melhorando a qualidade dos produtos e sua eficiência tecnológica no processo de produção (Yin, Zhang e Fang, 2023).

No entanto, estudos relataram alterações mínimas na cor e no sabor, quando métodos como plasma frio foram usados. Porém, no que se refere aos valores nutricionais destes produtos, a retenção de vitaminas e antioxidantes naturais, foram no geral superior em produtos tratados com métodos não térmicos, quando comparado as técnicas térmicas propriamente ditas (Awad *et al*., 2022).

3.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA ALIMENTAR

A combinação de métodos de conservação também mostrou ser eficaz na redução de contaminantes químicos e biológicos, como por exemplo, a interação de salga com irradiação, que resultou na redução eficaz de resíduos de nitrito, mantendo a segurança microbiológica (Yin, Zhang e Fang, 2023; Awad *et al*., 2022).

Partindo desta perspectiva, alguns autores reforçam que além da combinação de técnicas de conservação, são essenciais também os avanços na procura por ingredientes alternativos, de fontes naturais como especiarias e ervas, devido aos seus benefícios em termos de saúde e segurança quando comparados com os sintéticos, potencializando ainda mais o processo tecnológico destes produtos cárneos (Chacha, Ofoedu e Xiao, 2022).

3.5. LIMITAÇÕES E NECESSIDADES DE PESQUISAS FUTURAS

Ao passar do tempo, cada vez mais pesquisas se voltam ao estudo de técnicas que otimizem processos na indústria cárnea, demonstrando sempre resultados colaborativos ou promissores, como alternativas ou solução de lacunas de pesquisa anteriores (Siekmann; Plötz e Krischek, 2021).

Neste contexto, é fundamental o estudo sistemático destes trabalhos afim de identificar limitações e problemas os quais podem ser corrigidos após avaliação combinada. Com esta análise, notamos que a maioria dos estudos focou em uma combinação limitada de métodos e não explorou amplamente as interações entre diferentes tecnologias emergentes.

Além disso, observamos também, que é necessário que ocorra a expansão da aplicabilidade na prática destas pesquisas, como a implementação em esquemas de grande escala industrial e período de tempo mais estendidos. Nesta conjuntura, é fundamental a atenção dos pesquisadores, para que seja possível contribuir de forma significativa na segurança e aceitação do consumidor em relação aos produtos processados com essas combinações.

REFERÊNCIAS

[1] Amaral, A. B.; Silva, M. V.; Lannes, S. C. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. **Food Sci. Technol**, Campinas, v.38 (Suppl. 1): p.1-15, Dec, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/fst.32518.

[2] Amaro-Blanco *et al*. Active packaging using an olive leaf extract and high pressure processing for the preservation of sliced dry-cured shoulders from Iberian pigs. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.17, 30213-8, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.017.

[3] Awad *et al*. Overview of plant extracts as natural preservatives in meat. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.46, e16796, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfpp.16796.

[4] Bandeira, P. R. A. S. Desenvolvimento de um Queijo Fresco de Cabra com Contribuição da Fermentação Láctica. Dissertação de Mestrado. **Universidade Técnica de Lisboa**. Lisboa, 2010. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3142/1/TESE_Defenitivax.pdf.

[5] Banerjee *et al*. Vacuum packaged mutton patties: comparative effects of high pressure processing and irradiation. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.41, e12880, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfpp.12880.

[6] Binotti *et al*. Campo elétrico pulsado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.934-941, mai, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000025.

[7] Borges *et al*. Effect of high hydrostatic pressure challenge on biogenic amines, microbiota, and sensory profile in traditional poultry- and pork-based semidried fermented sausage. **Journal of Food Science**. v. 85, Iss. 4, p. 1256-1264, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1750-3841.15101.

[8] Brasil. (ABIEC) Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef Report: perfil da pecuária no Brasil 2022**. Disponível em: https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/.

[9] Brasil. (ANVISA) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre o Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade do Registro de Produtos Pertinentes à Área de Alimentos. **Resolução RDC nº 23, de 15 de Março de 2000**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de Março de 2000. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0023_15_03_2000.html.

[10] Chacha, J. S.; Ofoedu, C. E.; Xiao, K. Essential oil-based active polymer-based packaging system: A review of its effect on the antimcrobial, antioxidante, and sensory proprieties of beef and chicken meat. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.46, Issue 11, e16933, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfpp.16933.

[11] Consigliere, R.; Meloni, D.; Mazzette, R. Key hurdles in the Mediterranean-style dry fermented sausage“Salsiccia Sarda”as influenced by different ingredients related to product safety. **Journal Food Process Preserv**. e13321, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfpp.13321.

[12] Costa, Q. P.; Rekowsky, B. S. S.; Costa, M. P.; Delfino, N. C. Eficiência da pasteurização lenta do leite de cabra em diferentes binômios tempo/temperatura. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v.78, e1769, 2019. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial78_completa/1769.pdf.

[13] Domareski, J. L.; Bandeira, N. S.; Sato, R. T.; Aragon-alegro, L. C.; Santana, E. H. W. Avaliação físico-química e microbiológica do leite UHT comercializado em três países do Mercosul (Brasil, Argentina e Paraguai). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.60 n.3 Caracas sep. 2010. Disponível em: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222010000300008.

[14] Farias *et al*. Técnicas de conservação de alimentos por salga como prática de saberes tradicionais da Comunidade Murutinga, Abaetetuba – Pará. Revista Brasileira de Educação do Campo. Tocantinópolis, v. 7, ed. 13261, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.20873/uft.rbec.e13261.

[15] Faustino, R. C. S. Processos Emergentes de Produção e Conservação de Alimentos. Dissertação de Mestrado. **Universidade do Algarve**. Faro, Portugal, 2013. Disponível em: https://sapientia.ualg.pt/entities/publication/2c5ea56a-2df5-4943-a7ba-d51c7b2fc8c6.

[16] Fennema, O. R.; Damodaran, S; Parkin, K. L. Química de Alimentos de Fennema. **Editora Artmed**, ed.4, 2010.

[17] Garcia, L. S. Análise da transferência de calor em defumadores de alimentos. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Federal de Mato Grosso**. Cuiabá, 2021. Disponível em: http://bdm.ufmt.br/handle/1/1860.

[18] Gómez *et al*. The Effects of Processing and Preservation Technologies on Meat Quality: Sensory and Nutritional Aspects. **Foods**. 9, 1416, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9101416.

[19] Gómez, I.; Ibañez, F.C.; Beriain, M.J. Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations. **International Journal Food of Properties**. v.22, p.1693–1708, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1666869.

[20] Hafsan *et al*. Modelling of inactivation of microorganisms in the process of sterilization using high pressure supercritical fluids. **Food Sci. Technol**, Campinas, v.43, e111621, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/63d GDL95KbcJXgXrmD4qwkq/?format=pdf&lang=en.

[21] Iamarino *et al*. Nitritos e nitratos em produtos cárneos enlatados e/ou embutidos. **Gestão em Foco Unisepe**. Ed. 7, 2015. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/22nitritos_nitratos.pdf.

[22] Inguglia *et al*. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science & Technology**. v.59, p.70-78, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.10.016.

[23] Jorge, N. Embalagens para alimentos. São Paulo, Cultura Acadêmica, **Universidade Estadual Paulista**, Pró-Reitoria de Graduação, p.194, 2013. Disponível em: https://www.culturaacademica.com.br/catalogo/embalagens-para-alimentos/.

[24] Kor, G.; Icier, F. Thermal imaging during infrared final cooking of semi-processed cylindrical meat product. **Infrared Physics & Technology**. v.79, p.242–251, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.infrared.2016.11.002.

[25] Leonardi, J. G.; Azevedo, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em Foco**. Ed. 10, p. 51-61, 2018. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/006_M%C3%89TODOS_DE_CONSERVA%C3%87%C3%83O_DE_ALIMENTOS.pdf.

[26] Lopes, R. L. T. Conservação de alimentos. Dossiê Técnico. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais: **CETEC**, p.27, out, 2007. Disponível em: http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjEz.

[27] Macêdo, V. M. Qualidade de cortes de pirarucu (Arapaima gigas, Schinz 1822) defumados a frio e embalados a vácuo, estocados sob refrigeração. Dissertação de Mestrado. **Universidade Nilton Lins Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. 2017. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/11468. Acesso em: 07 nov. 2024.

[28] Martínez *et al*. Pulsed Electric Fields (PEF) applications in the inactivation of parasites in food. **Trends in Food Science & Technology**. v.138, p. 470-479, 2023. Disponível em: https://zaguan.unizar.es/record/127681.

[29] Martins, W. F. Tecnologia e microbiologia sob a perspectiva da segurança dos alimentos. **Instituição Extra IF Goiano**. Out. 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2257.

[30] Menezes *et al*. Microwave radiation: applications in foods and microbiological impacts on meat. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.18, p. 90-100, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2236117013044.

[31] Moreira, C. Conservação dos alimentos pelo calor. **Revista Ciência Elementar**, v.3 (2):107. Disponível em: https://doi.org/10.24927/rce2015.107.

[32] Murasaki N. C.; Da Silva R. M. S.; Tadini C. C. Inativação térmica por processo descontínuo e contínuo da peroxidase e polifenoloxidase presentes na água de coco verde. **Universidade de São Paulo**. Disponível em: http://sites.poli.usp.br/pqi/lea/docs/cbcta2004e.pdf.

[33] Nassu, R. T.; Bessera, F. J.; Gonçalves, L. A. G. Processo agroindustrial: obtenção de embutido fermentado tipo salame de carne de caprinos. **Embrapa**. Comunicado Técnico 74. Fortaleza, Dez, 2002. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664008/1/Ct074.pdf.

[34] Novaes *et al*. Influência das novas tecnologias de conservação sobre os alimentos de origem animal. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. Periódicos Semestral, Ano X, n. 19, Jul. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266394996_Influencia_das_novas_tecnologias_de_conservacao_sobre_os_alimentos_de_origem_animal#fullTextFileContent.

[35] Nunes, K. M. Utilização de espectroscopia no infravermelho médio, fusão de dados e métodos quimiométricos de classificação na análise de fraudes em carnes bovinas in natura. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A2KHKZ.

[36] Nascimento, K. O.; Reis, I. P.; Rebello, F. F. P. Utilização do aquecimento ôhmico no processamento de alimentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v 9, n. 5, p. 62 - 67, dez, 2014. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3047.

[37] Neto, O. C.; Rosenthal, A.; Gaspar, A. Modificações físico-químicas na carne in natura bovina decorrentes da alta pressão hidrostática. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v. 14, n. 2, p. 91-100, abr./jun. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.4260/BJFT2011140200012.

[38] Oliveira *et al*. Determinação espectrofotométrica de nitrito em produtos cárneos embutidos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.11, n.1, p. 19-31, jan/mar, 2017. Disponível em: http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/377.

[39] O'Neill *et al*. Comparative effect of different cooking methods on the physicochemical and sensory characteristics of high pressure processed marinated pork chops. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 2019. Disponível em: https://cora.ucc.ie/server/api/core/bitstreams/1dc657ce-0aee-492f-a086-d6c801ff073b/content.

[40] OPAS. Tecnologias de conservação aplicadas à segurança de alimentos. **Organização Pan-Americana da Saúde**. Washington, D.C. 2019. Disponível em: https://iris.paho.org/handle/10665.2/51502.

[41] Ordoñez, J. A. Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal. **Artmed**, Porto Alegre, v. 2, p. 279, 2005.

[42] Pangesthi, L. T.; Sulandari, L. Effect of Hurdle Technology in Angkak Sausage Preservation. **IOP** Conf. Series: Earth and Environmental Science. v.347, 012084, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012084.

[43] Pardi, M. C.; Santos, I. F.; Souza, E. R.; Pardi, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2 ed., 2ª reimpr., v. 2; Goiânia: UFG, p. 1150, 2007. Disponível em: https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48109.

[44] Pérez-Santaescolástica et al. Influence of high-pressure processing at different temperatures on free amino acid and volatile compound profiles of dry-cured ham. **Food Research International**. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.039.

[45] Peronne, I. T.; Simeão, M.; Júnior, P. H. R.; Stephani, R.; Carvalho, A. F. Influência das condições de operação em Spray Dryer piloto sobre a umidade e a atividade de água do leite em pó integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, n. 393, p. 5-9, jul/ago., 2013. Disponível em: https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/30.

[46] Roobab *et al*. Effect of pulsed electric field on the chicken meat quality and taste-related amino acid stability: flavor simulation. **Foods**. v.12(4), 710, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods12040710.

[47] Rocchette *et al*. Impact of hurdle technologies and low temperatures during ripening on the production of nitrate-free pork salami: A microbiological and metabolomic comparison. **LWT - Food Science and Technology**. v.141, 110939, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110939.

[48] Rodrigues *et al*. Effect of high pressure processing on physicochemical and microbiological properties of marinated beef with reduced sodium contente. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.020.

[49] Rodrigues *et al*. Novel Approaches to Improve Meat Products' Healthy Characteristics: A Review on Lipids, Salts, and Nitrites. **Foods**. v.12, 2962, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods12152962.

[50] Rossi *et al*. Uso de ultrassom e dióxido de cloro (CIO2) na redução da carga microbiana de *Salmonella Typhimurium* na água de resfriamento de carcaças de frango. 7º Simpósio de Segurança Alimentar. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Rio Grande do Sul, Out, 2020. Disponível em: http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_75.pdf.

[51] Santos *et al*. Efeito da embalagem, temperatura e método de cocção nas propriedades físicas e químicas da carne de frango. Brazilian Journal of Food Research. Campo Mourão, v. 10, n. 4, p. 48-61, out./dez., 2019.

[52] Siekmann, L.; Plötz, M.; Krischek, C. Alternative Curing Methods. **Current Clinical Microbiology Reports.** v.8, p.40–48, 2021. Doi: https://doi.org/10.1007/s40588-021-00164-w.

[53] Shimokomaki, M.; Oda, S. H. I.; Soares, A. L..; Lara, J. A. F.; Yamashita, F.; Ida, E. I. Segurança e Qualidade para os embutidos. **Revista da Carne**, n.317, 2003. Disponível em: https://revistamaiscarne.com.br/embalagem-certa-e-garantia-de-seguranca-para-carneos/.

[54] Soares, K. M. P.; Silva, J. B. A.; Góis, V. A. Parâmetros de qualidade de carnes e produtos cárneos: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v.31 - n. 268/269, p.87-94, Maio/Junho, 2017. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/07/846491/268-269-site-87-94.pdf.

[55] Tao *et al*. Determination of ATP-related compounds by HPLC to study the effect of cell-free

supernatants of Lactiplantibacillus plantarum on the shelf life of sliced dry-cured ham. ***Food Bioscience***. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102984.

[56] Tavares, R. D. O.; Furtado, A. A. L. Avaliação da Estabilidade Térmica de Histamina em Conservas de Pescado por CLAE. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. 2012. Disponível em: https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/3624.

[57] Thomas, R.; Anjaneyulu, A. S. R.; Kondaiah, N. Quality of hurdle treated pork sausages during refrigerated (4±1ºC) storage. **Journal of Food Science and Technology**. v. 47, p.266-272, 2010. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3551018/.

[58] Trindade, M. C. Estudo da recuperação de ácido lático proveniente do soro de queijo pela técnica de membranas líquidas surfatantes. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/456.

[59] Terra, N. Apontamentos de tecnologia de carnes. **Editora Unissinos**, 1998.

[60] Valdés, A.; Beltrán, A.; Mellinas, C.; Jiménez, A.; Garrigós, M. C. Analytical methods combined with multivariate analysis for authentication of animal and vegetable food products with high fat content. **Trends in Food Science & Technology**. May, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.014.

[61] Vilabol. Princípios das operações unitárias no processamento de alimentos. **PPGCTA UFPA**. p. 27, 2010. Disponível em: https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/documentos/Opera%C3%A7%C3%B5es%20unit%C3%A1rias%20no%20processamento%20de%20alimentos.pdf.

[62] Wu *et al*. High pressure processing-based hurdle strategy for microbial shelf life of packed food in the Cold Chain. **Food Packaging and Shelf Life**. v.34, 100983, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100983.

[63] Yin, J; Zhang, P.; Fang, Z. Methods to improve the quality of low-salt meat products: a meta-analysis. **Food Quality and Safety**, v.7, p.1–12, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac076.

Capítulo 12

Elaboração de creme a partir do extrato de licuri (Syagrus coronata)

Mona Liza Santana Santa Rosa Macedo

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um creme a partir do extrato de licuri (*Syagrus coronata*), palmeira nativa da Caatinga, visando sua utilização como alternativa sustentável ao creme de leite tradicional. Foram realizadas três formulações experimentais, das quais se selecionou a que apresentou melhores características sensoriais de cor, aroma e textura. O creme obtido foi avaliado em preparação de mousse de limão, por meio de teste de aceitação sensorial aplicado a 26 participantes, utilizando escala hedônica de nove pontos. Os resultados indicaram boa aceitação, destacando-se 34,6% de aprovação na categoria "gostei muito". Do ponto de vista nutricional, o produto apresentou 49 g de lipídeos por 100 g, valor semelhante ao encontrado na literatura para o extrato de licuri. Conclui-se que o creme elaborado apresenta potencial de utilização culinária e viabilidade como alternativa ao creme de leite, reforçando a importância do licuri como recurso alimentar funcional e sustentável.

Palavras-Chave: Licuri, *Syagrus coronata,* creme vegetal, análise sensorial, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A exploração e uso sustentável dos recursos naturais presentes no semiárido brasileiro se torna cada vez mais indispensável, considerando a necessidade de adaptação agropecuária pela ocorrência de mudanças climáticas. Existem muitas espécies vegetais nativas que podem ser aproveitadas na alimentação, dentre elas o Licuri (Syagrus coronata) fruto de uma palmeira natural da Caatinga (Campeche et al., 2014). Todas as partes do licurizeiro podem ser aproveitadas, desde raízes até frutos, tornando-se uma espécie de grande importância para os povos da região, principalmente os agroextrativistas e agricultores familiares, envolvidos diretamente nos processos de coleta, processamento e comercialização dos produtos derivados (Aroucha; Aroucha, 2013).

O Licuri (Syagrus coronata) integra-se à família Arecaceae e é oriundo de uma palmeira habituada às regiões secas e áridas da caatinga. A importância desse fruto é dada devido ao seu valor nutricional e a qualidade dos macronutrientes que o compõem. Sua polpa possui um alto teor de lipídeos (49,2%), proteínas (11,5%) e carboidratos totais (13,2%) (Crepaldi et al., 2001), sendo seu maior diferencial a qualidade e quantidade de ácidos graxos de cadeia média, que garantem um elevado potencial nutritivo e funcional. Dentre os ácidos graxos presentes, destaca-se o caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico, oléico e linoléico (Damasio, 2014).

Contudo, o licuri pode ser visto como uma possibilidade para uso econômico dos seus elementos naturais, podendo trazer benefícios socioeconômicos ao desenvolver produtos que tem como base espécies nativas e sustentáveis, além de fomentar a agricultura familiar(Sachs, 2001).

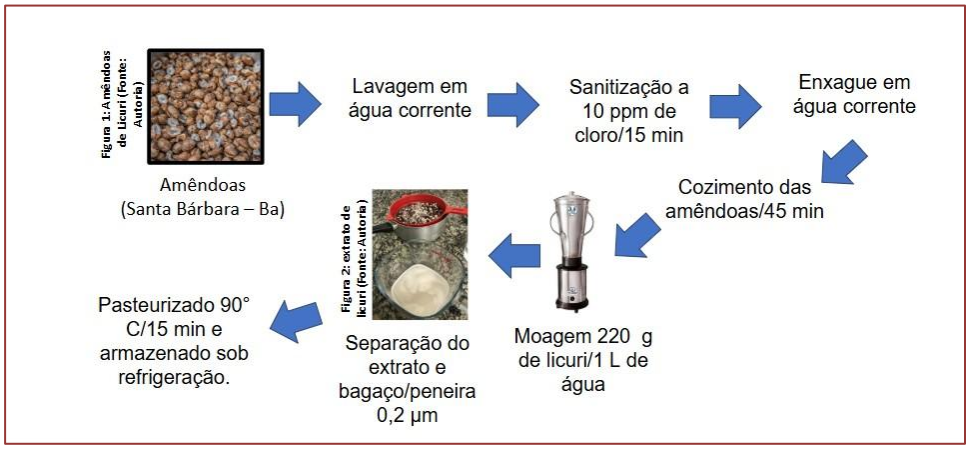
Sendo assim, o trabalho tem por objetivo desenvolver um creme a partir do extrato de Licuri (Syagrus coronata) que sirva como alternativa sustentável, substituindo o creme de leite tradicional.

2. METODOLOGIA

2.1. OBTENÇÃO DO EXTRATO DE LICURI

A extração foi realizada com base na figura ilustrada abaixo:

Figura 1: extração do extrato de Licuri



A formulação foi realizada com base nos estudos de Souza, 2012). A obtenção do creme, foram realizadas 3 formulações, seguindo as etapas descritas abaixo:

A elaboração do rótulo nutricional foi realizada com base na tabela de referência TBCA (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos). O creme foi usado na elaboração de mousse de limão para avaliação sensorial de aceitação (figura 2).

3. ANÁLISE SENSORIAL DE ACEITAÇÃO DO CREME DE LICURI

A aplicação desse teste deu-se por meio do recrutamento de 26 pessoas do curso de Agroindústria do Colégio Estadual Carlos Valadares, no período vespertino. Cada aluno recebeu uma amostra de 5 g de mousse e a ficha sensorial. A análise de escala hedônica possui 9 itens que variam de gostei muitíssimo a desgostei muitíssimo.

Quadro 1: Ficha de Análise sensorial de aceitação e Preferência

TESTE DE ACEITAÇÃO – MOUSSE DE MARACUJÁ

Nome: .....

1. Você está recebendo uma amostra desse produto. Por favor, prove e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma utilizando a escala abaixo

( ) gostei muitíssimo
( ) gostei muito
( ) gostei moderadamente
( ) gostei ligeiramente
( ) não gostei / nem desgostei
( ) desgostei ligeiramente
( ) desgostei moderadamente
( ) desgostei muito
( ) desgostei muitíssimo

2. Cite o que você **mais gostou** na amostra:
.....

3. Cite o que você **menos gostou** na amostra:
.....

4. RESULTADOS

Após três tentativas, o creme (figura 1) foi obtido a partir da formulação descrita na tabela 1. Os critérios iniciais para obtenção do creme foram sensoriais (cor, aroma e textura).

Tabela 1: Ingredientes do Creme de Licuri

Ingredientes	(%)
Extrato de licuri	100

uri (Fonte: Autoria)

O creme obtido apresentou textura cremosa, aroma e sabor característico de licuri. Dos 26 alunos que realizaram a análise, 34,6 % gostaram muito, 15,4 % gostaram moderadamente, 11,5 % gostaram muitíssimo (Gráfico 1). Os valores das informações nutricionais estão apresentadas na tabela 2.

O creme apresentou 49 g de gorduras totais em 100 g de produto, valor similar aos encontrados no extrato de licuri realizados por (Damasio, 2014). O produto final foi envasado em embalagem de 250 g contendo cerca de 17 porções por embalagem, tendo porção de 15 g de creme, equivalente a 1 colher de sopa, segundo a IN 75/2020 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Gráfico 1: Análise sensorial d aceitação

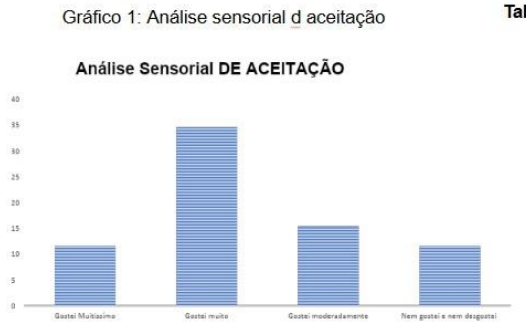


Tabela 2: Tabela Nutricional do Creme de Licuri

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: Cerca de 17			
Porção: 15 g (1 colher de sopa)			
	100 g	15 g	%VD*
Valor energético (kcal)	530	80	4
Carboidratos (g)	14	2,1	1
Açúcares totais (g)	9,4	1,4	
Açúcares adicionados (g)	0	0	0
Proteínas (g)	12	1,7	3
Gorduras totais (g)	49	7,4	11
Gorduras saturadas (g)	0	0	0
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	4,3	0,6	2
Sódio (mg)	118	18	1

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O creme obtido a partir do extrato de licuri apresentou características físicas semelhantes às do creme de leite tradicional, como cor clara e consistência firme e cremosa. Expressou efetividade no preparo de uma receita, deixando o resultado final com características de mousse, assim como com a consistência esperada que se dá pelo creme. Por ser um produto novo e artesanal, o creme de extrato de licuri necessita de maiores estudos acerca da sua composição centesimal, contudo verifica-se sua eficácia nas preparações, tornando-o uma boa alternativa na substituição do creme de leite tradicional.

Se faz necessária a obtenção de maiores dados a respeito das características químicas, sendo ferramentas fundamentais para a avaliação do consumo, e da inclusão da formulação de novos produtos no mercado. No entanto, os resultados das análises realizadas neste experimento contribuirá para outras pesquisas acerca do tema, já que as características encontradas demonstram que o licuri (Syagrus Coronata) é considerado um fruto promissor para o consumo in natura, assim como há viabilidade na produção do creme de seu extrato.

REFERÊNCIAS

[1] AROUCHA, Edvalda. AROUCHA, Maurício. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do licuri. **Instituto Sociedade, População e Natureza,** Brasília, p. 92, 2013.

[2] CAMPECHE, D.F.B. et al. Farelo de licuri em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma Macropomum,* Cuvier, 1818). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veteterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, vol. 66, n. 2, mar./abr. 2014.

[3] CREPALDI, I.C. et al. Composição nutricional do fruto de licuri (Syagrus coronata (Martius Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, vol. 24, n. 2, p. 155-159, jun. 2001;

[4] DAMÁSIO, Jeanny. **Caracterização nutricional e avaliação da composição lipídica do Licuri (Syagrus coronata) e seus coprodutos**. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Alimentos) – UESB. Itapetinga, jul. 2014.

[5] DRUMOND, Marcos. Licuri *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina, p. 67, 2007.

[6] Instituto Adolfo Lutz (IAL). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, São Paulo, ed. 4, p. 1020, 2008.

[7] LIMA, Thiago. **Intolerância à lactose**: aspectos clínicos, diagnósticos e terapêuticos Trabalho de Conclusão de Curso (Farmácia) – Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, 2012.

[8] SACHS, Ignacy. Brasil rural: da redescoberta à invenção. **Estudos Avançados**, São Paulo, vol. 15, n. 43, set./dez. 2001.

[9] SOUZA, Murilo. LEAL, Gislaine. HUZITA, Elisa. Um exemplo de condução de estudo experimental guiado por um processo. **Revista Tecnológica**, Maringá, vol. 21, p. 43 52, 2012.

[10] STEPHANI, Rodrigo. NEVES, Henrique. NEVES, Erick. *et al.* Caracterização físico-química do creme de leite UHT comercializado no Brasil. **Revista Instituto Latic Cândido Tostes**, Juiz de Fora – MG, 2011.

Capítulo 13

Leite fermentado por Enterococcus faecium e Lactobacillus helveticus - aspectos físico-químicos e microbiológicos

Débora Pinhatari Ferrreira
Ana Paula de Oliveira
Isabela de Souza Mattos
Marina Levorato de Moraes
Gerusa Martins Ayres
Luciana Furlaneto-Maia
Marly Sayuri Katsuda

Resumo: A busca dos consumidores por alimentos funcionais e nutritivos vem contribuindo com o desenvolvimento de produtos saudáveis e seguros. O leite fermentado contribui com a oferta de produtos com propriedades antioxidantes e fornecer culturas láticas que contribui não somente para o equilíbrio da flora intestinal, mas com propriedades bioprotetivas. Baseado neste contexto, este trabalho visou avaliar a viabilidade bacteriana e possível atividade antioxidante de leite fermentado por *Enterococcus faecium e Lactobacillus helveticus* resultando em 3 formulações: LH contendo *L. helveticus*; EF contendo *E. faecium*; e LHEF com a junção dos dois microrganismos. O estudo consistiu na caracterização da composição proximal, viabilidade bacteriana das cepas em estudo e atividade antioxidante, que foram determinadas durante o período de 28 dias sob refrigeração a 5±1°C. Determinou-se atividade antioxidante (DPPH e FRAP) e viabilidade bacteriana ao longo do tempo de estocagem (1, 7, 14 e 28 dias). Todos os tratamentos apresentaram contagens bacterianas superiores a 108 UFC/ml ao longo da estocagem. Nas análises de antioxidante foi observada uma manutenção da atividade para as amostras LH e EF para as análises de DPPH, não havendo diferença significativa durante o armazenamento. Já o tratamento LHEF apresentou queda dos valores de inibição do DPPH a partir de 14 dias de estocagem. Não foi observado diferenças significativas na capacidade antioxidante medida pelo ensaio FRAP entre os tratamentos, apresentando discreta variação entre os tratamentos ao longo da estocagem.O estudo permitiu observar que o leite fermentado com as culturas *L. helveticus e E. faecium* possui potencial como alimento funcional com propriedades antioxidantes, porém a associação das duas cepas no produto contribuiu com a perda dessa propriedade após 14 dias de estocagem.

Palavras-chave: DPPH, Composição proximal, Efeito da estocagem.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos funcionais tem impulsionado investigações sobre a utilização de cepas probióticas em leites fermentados, com foco na caracterização detalhada das propriedades físico-químicas e microbiológicas durante o armazenamento refrigerado (Seleet et al., 2011) (Vieira et al., 2020). Estudos anteriores demonstram que a viabilidade das cepas probióticas durante a refrigeração é influenciada tanto pela temperatura quanto pela composição do meio, impactando diretamente as propriedades sensoriais e bioativas do produto (Freitas et al., 2015; Araujo et al., 2023).

Essa espécie tem sido isolada de produtos lácteos frescos e demonstra capacidade de melhorar a digestão e a absorção de nutrientes, além de produzir bacteriocinas com atividade antimicrobiana (Azzaz et al., 2022; Merzoug et al., 2025).

Kim et al. (2023) estudaram Enterococcus faecium EFEL8600, revelaram suas características fenotípicas e genômicas, incluindo a produção de bacteriocinas, perfil de segurança e propriedades probióticas robustas, destacando seu potencial para aplicação em laticínios fermentados. O E. faecium, isolado de leite cru, tem revelado um genoma não patogênico e alta estabilidade de suas bacteriocinas em diversas condições de pH e temperatura, reforçando seu potencial probiótico (Popović et al., 2023).

Já o Lactobacillus helveticus, reconhecido por seu sistema proteolítico, é amplamente empregado na fermentação de leites, contribuindo para a qualidade dos produtos fermentados (Griffiths & Tellez, 2013). Durante o processo de fermentação, a combinação dessas cepas pode resultar em produtos com características sensoriais aprimoradas, além de conferir benefícios adicionais à saúde (Zhao et al., 2024) (Nyanzi et al., 2020).

A combinação das culturas Enterococcus faecium e Lactobacillus helveticus em matrizes lácteas fermentadas pode otimizar a biodisponibilidade de peptídeos bioativos e a estabilidade de bacteriocinas, promovendo um perfil sensorial e nutricional superior (Anadón et al., 2015). E estes peptídeos bioativos, liberados pela atividade enzimática das culturas, podem conferir propriedades antioxidantes ao produto final (Ahtesh et al., 2018). Durante o processamento e armazenamento, a interação entre as cepas probióticas e a matriz láctea pode otimizar a liberação de compostos bioativos, como peptídeos e bacteriocinas, que contribuem para a extensão da vida útil e a segurança microbiológica do produto (Dapkevicius et al., 2021; Kim et al., 2023).

O presente estudo avaliou os aspectos composicionais, viabilidade das culturas láticas, bem como a atividade antioxidante ao longo do tempo de estocagem dos leites fermentados por *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus helveticus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL

Para a produção do leite fermentado foi utilizado leite em pó desnatado da marca Molico e sacarose comercial adquirido na forma de consumidor. A bactéria ácido-lática *E. faecium* foi isolada de queijo e encontra-se na bacterioteca do Laboratório de microbiologia básica e aplicada (LaMBA), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, coordenado pela Profª Dra. Luciana Furlaneto Maia. O *Lb. helveticus* LH 091 Lyofast foi adquirido da empresa *Sacco* Brasil. Todos os reagentes utilizados nas análises físico-químicas neste estudo foram de grau de pureza analítica.

2.2. PREPARO DO FERMENTO LÁTICO

Foram utilizadas duas culturas de microrganismos: cultura liofilizada de *Lactobacillus helveticus* (LH 091) da empresa Sacco-Italy e cultura de *Enterococcus faecium* cedida pela Profª. Drª. Luciana Furnaletto-Maia.

Para o preparo da cultura de *L. helveticus* inicialmente pesou-se a proporção de 1 % (m/v) e acondicionou em caldo BHI (Brain Heart Infusion, HiMedia, Mumbai-Índia), seguido de incubação por 48 horas a 42 °C.

A cepa de *E. faecium* utilizada se encontrava isolada em tubo Eppendorf, cujo conteúdo foi inoculado em caldo BHI e incubado a 36°C por 48 horas.

Antes de aplicar ao leite, foram retiradas colônias de cada caldo contendo a cepa e adicionadas em água estéril seguindo a escala de turbidez de McFarland para concentração $1{,}5x10^8$ UFC/mL. Alcançada a concentração desejada a solução foi utilizada como inóculo inicial para adição em leite fermentado.

2.3. ELABORAÇÃO DO LEITE FERMENTADO

A calda do leite fermentado foi composta por 14% sólidos totais (m/v) de leite em pó desnatado (Molico® - Araçatuba) e 7% (m/v) de sacarose (adquirido na forma comercial), seguido de tratamento térmico a 90°C por 5 minutos e resfriada até 42°C. As culturas de *Lactobacillus helveticus* (LH) e *Enterococcus faecium* (EF), previamente ativadas, foram adicionadas à calda, as quais foram subdivididas em três tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Tratamentos de leite fermentado e a concentração de microrganismos adicionados na calda

Tratamento	Microrganismo	Concentração (UFC/ml)
LH	*Lactobacillus helveticus*	10^7
LHEF	*Lactobacillus helveticus*	$5x10^6$
	Enterococcus faecium	$5x10^6$
EF	*Enterococcus faecium*	10^7

Fonte: Autoria própria, 2021.

Todas as caldas (tratamentos) foram incubadas em estufa a 42±1°C, e estas foram interrompidas até atingir a acidez titulável de 0,6g de ácido lático por 100g do leite fermentado. Na sequência, foram resfriados até temperatura de 10±1°C e envasados de forma asséptica em frascos de vidro de 120ml com tampa. As amostras foram estocadas em câmara fria em temperatura de refrigeração de 5±1°C. A composição proximal foi realizada após 24 horas de armazenamento. As análises de propriedades antioxidantes (DPPH) foram realizadas nos tempos 1, 7, 14 e 28 dias de armazenamento. Os ensaios foram realizados em três repetições.

2.4. COMPOSIÇÃO PROXIMAL

A composição proximal consistiu na determinação dos teores de extrato seco total, umidade, lipídeos (Gerber), proteína (Microkjeldahl) e cinzas. Todas as análises foram

realizadas em triplicata e os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com a AOAC (2003).

2.5. VIABILIDADE CELULAR

De cada tratamento de leite fermentado foi retirada uma alíquota e feitas diluições seriadas consecutivas até a concentração de 10^{-8}. A partir dessas diluições foram inoculados 1 mL em ágar MRS (Man, Rogosa e Sharpe, HiMedia, Mumbai-Índia) por profundidade, para contagem de *L. helveticus* do tratamento LH e contagem total do tratamento LHEF. Utilizando as mesmas diluições foram inoculados 100µL por superfície em ágar KEA (Kanamicina, Esculina, Azide, Merk KGaA, Darmstadt-Alemanha) para selecionar e quantificar colônias de *E. faecium* nos tratamentos LHEF e EF. As placas de MRS foram incubadas a 42°C por 48 horas e as placas de KEA a 36 °C por 48 horas.

A contagem de *L. helveticus* no tratamento LHEF foi feita através de exclusão, utilizando a contagem total de colônias em ágar MRS subtraíndo o número de colônia obtidas em ágar KEA (específico para enterobactérias), quantificando assim os microrganismos de forma separada.

Após o período de incubação, as colônias de cada tratamento foram contadas e realizadas os cálculos para determinação da UFC/mL.

2.6. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante das amostras foi determinada segundo o método colorimétrico de DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) descrito primeiramente por Brand-Willians et al. (1995), Arnao (2000) com modificações por Rufino *et al.* (2007).

Para o método colorimétrico de DPPH foram pipetados 200 µL das amostras e 3 mL de solução de DPPH (0,06 mM) adicionados em tubos e homogeneizados em agitador. As leituras foram efetuadas após 30 minutos de reação. Foi utilizado o espectrofotômetro UV-visível Biochrom-Libra com leitura no comprimento de onda de 517 nm. A atividade antioxidante foi expressa em porcentagem de inibição (%) utilizando a Equação 1:

$$\% \text{ inibição} = \frac{(100-(\text{absorb amostra}-\text{absorb branco})\text{x}100}{\text{absorb controle negativo}} \qquad \text{Equação 1}$$

O método FRAP consistiu na capacidade do antioxidante em reduzir Fe^{+3} em Fe^{+2}. A análise foi realizada conforme a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) com modificações. Utilizaram-se 100 µL da amostra, com 370 µL de água deionizada e foram adicionados 3 mL da solução de FRAP (complexo férrico), que foram mantidos em banho-maria a 37°C por 30 minutos. A absorvância foi medida em 595 nm. A curva padrão determinada com a solução de Trolox.

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram compilados e submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos componentes proximais, bem como o efeito do tempo entre os tratamentos

foram comparadas pelo teste de Tukey (p≤0,05) utilizando o programa R versão 3.5.1 (R Core Team, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da composição proximal dos diferentes tratamentos dos leites fermentados é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição proximal dos diferentes tratamentos de leite fermentado no início do período de armazenamento (1º dia)

COMPONENTES	TRATAMENTOS		
	LH	LHEF	EF
Extrato Seco Total (%)	17,34 ± 0,12^{a}	17,27 ± 0,25^{a}	17,29 ± 0,14^{a}
Umidade (%)	82,66 ± 0,12^{a}	82,73 ± 0,25^{a}	82,71 ± 0,14^{a}
Proteína (%)	3,47 ± 0,33^{b}	4,25 ± 0,72^{a}	3,33 ± 0,46^{ab}
Lipídeos (%)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cinzas (%)	0,97 ± 0,12^{a}	0,97 ± 0,07^{a}	0,98 ± 0,07^{a}
Carboidratos (%)	13,24 ± 1,16^{a}	12,05 ± 0,52^{b}	13,39 ± 1,15^{a}

Letras minúsculas diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa (p≤0,05).
LH: leite fermentado por *L. helveticus*; EF: leite fermentado por *Enterococcus faecium*; LHEF: leite fermentado por *L. helveticus* e *E. faecium*.

Fonte: Autoria própria, 2021.

A análise da composição proximal dos leites fermentados, conforme apresentada na Tabela 2, revelou que o teor de sólidos, bem como umidade permaneceram estatisticamente semelhantes (p > 0,05) entre os diferentes tratamentos de fermentação, indicando que a escolha da cultura probiótica não impactou significativamente a concentração total de sólidos ou o teor de água inicial do produto. Entretanto, observou-se uma variação significativa no teor de proteínas, com o tratamento LHEF apresentando os maiores valores, provavelmente devido à atividade proteolítica sinérgica das cepas combinadas, que liberam peptídeos e aminoácidos (Anadón et al., 2015). Essa elevação no teor de proteína pode ser atribuída à atividade proteolítica das culturas iniciadoras, as quais degradam proteínas do leite em peptídeos e aminoácidos, aumentando a concentração de nitrogênio solúvel (Anadón et al., 2015). Este processo de proteólise, que pode ser intensificado pela co-cultura de diferentes cepas probióticas, culmina na formação de peptídeos bioativos que possuem propriedades funcionais, como a capacidade antioxidante (Moreno-Montoro et al., 2017) (Anadón et al., 2015).

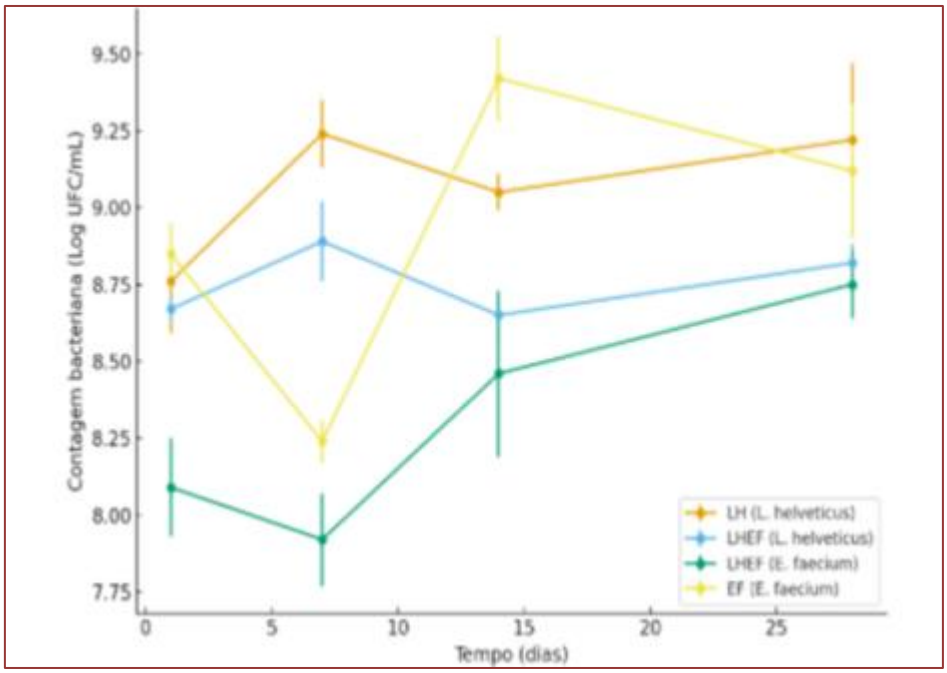
A ausência de lipídeos detectáveis em todos os tratamentos é consistente com o uso de leite desnatado como matéria-prima, garantindo a padronização e o foco nas alterações proteicas induzidas pela fermentação.

Adicionalmente, os teores de cinzas, representando a fração inorgânica, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, indicando que a fermentação e as diferentes cepas probióticas não influenciaram a concentração mineral total do produto (Anadón et al., 2015).

Em relação aos carboidratos, observou-se que o tratamento LHEF exibiu um teor significativamente menor em comparação aos tratamentos LH e EF (Vieira et al., 2020). Essa diferença pode ser atribuída à intensa atividade metabólica e sinérgica da co-cultura,

que resulta em uma maior conversão de carboidratos, como a lactose, em ácido lático e outros metabólitos (Nielsen et al., 2021).

Figura 1 - Evolução da Contagem de microrganismos viáveis em log10 UFC/mL com desvio padrão dos diferentes tratamentos de leite fermentado durante o período de armazenamento (28 dias)



Fonte: Autoria própria, 2025.

A Figura 1 detalha a dinâmica populacional dos microrganismos viáveis, refletindo a capacidade de cada tratamento em sustentar as culturas láticas ao longo do tempo. As flutuações observadas na viabilidade das culturas podem ser indicativas de interações competitivas ou sinérgicas entre as cepas, influenciando diretamente a capacidade de colonização e a produção de metabólitos benéficos (El-Hadad et al., 2024).

A análise comparativa entre as culturas isoladas e a co-cultura revela insights importantes sobre a sobrevivência e atividade desses microrganismos em ambientes de leite fermentado (Canon et al., 2020).

Esta análise é crucial para compreender a estabilidade probiótica dos produtos e a manutenção de suas propriedades funcionais ao longo da vida de prateleira. A análise da viabilidade microbiana também deve considerar as interações entre as diferentes cepas, que podem influenciar a atividade proteolítica e a estabilidade durante o armazenamento refrigerado, afetando a liberação de compostos bioativos (Vieira et al., 2020) (Anadón et al., 2015).

A vantagem de um aumento sustentado nas contagens microbianas até 28 dias para os tratamentos LH e EF reside na manutenção de uma alta concentração de microrganismos viáveis ao longo de um período prolongado de armazenamento (Tenea & Ascanta, 2022) (Vieira et al., 2020). Isso assegura que o produto final entregue ao consumidor mantém suas propriedades probióticas e funcionais, dado que a eficácia desses produtos está

diretamente ligada à ingestão de um número mínimo de células viáveis (Delgado-Fernández et al., 2019).

Portanto, a manutenção de contagens microbianas acima de 10^6 a 10^7 UFC/mL, como sugerido por pesquisas anteriores para produtos probióticos, é um critério essencial para garantir a funcionalidade e os benefícios à saúde associados a esses alimentos durante todo o seu período de validade (Cichońska et al., 2023).

A atividade de sequestro do radical DPPH nos leites fermentados, conforme a Tabela 3, não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ao longo do tempo de armazenamento, embora tendências de variação pudessem ser observadas.

Tabela 3 – Valores médios (DPPH) expresso em % de inibição em relação aos diferentes tratamentos e tempo de armazenamento (28 dias) de leite fermentado

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	7	14	28
LH	33,07±8,48^{A}	25,66±8,34^{A}	22,02±6,51^{A}	19,59±6,69^{A}
EF	24,96±7,53^{A}	36,01±4,59^{A}	28,66±7,95^{A}	18,82±9,52^{A}
LHEF	11,61±4,49^{B}	18,61±3,78^{B}	24,92±4,06^{A}	14,67±4,56^{A}

Letras maiúsculas diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa (p≤0,05).
LH: leite fermentado por *L. helveticus*; EF: leite fermentado por *Enterococcus faecium*; LHEF: leite fermentado por *L. helveticus* e *E. faecium*.

Fonte: Dos autores, 2021.

A formação de peptídeos bioativos, provenientes da proteólise de proteínas lácteas, contribui significativamente para a capacidade de eliminação de radicais DPPH em produtos fermentados (El-Hadad et al., 2024; Cichońska et al., 2023). Esta atividade antioxidante é frequentemente correlacionada com o aumento da concentração de proteínas e a estabilidade durante o armazenamento, sendo que produtos fermentados com co-culturas tendem a apresentar maior atividade de sequestro de DPPH devido à sinergia entre as cepas e maior liberação de peptídeos (Emkani et al., 2023; El-Hadad et al., 2024). Em alguns estudos identificaram que a atividade antioxidante em leites fermentados pode aumentar durante o armazenamento, um fenômeno atribuído à contínua hidrólise proteica e à liberação de peptídeos com capacidade de eliminar radicais livres, como demonstrado por um aumento significativo da atividade DPPH em sete dias para alguns tratamentos (El-Hadad et al., 2024). No entanto, a degradação extensiva de proteínas, resultando em aminoácidos livres, pode levar à diminuição da atividade antioxidante, conforme refletido pela redução na porcentagem de inibição do radical (Anadón et al., 2015). Esta complexidade na variação da capacidade antioxidante ao longo do armazenamento sugere a interdependência entre a extensão da proteólise, a natureza dos peptídeos formados e a sua subsequente estabilidade (Anadón et al., 2015) (Agyare et al., 2022) (Moreno-Montoro et al., 2017).

A variabilidade observada também pode estar associada a outros fatores, como o tipo de cepa probiótica empregada, que afeta a cinética de produção de compostos antioxidantes ao longo do tempo (Asefa et al., 2024).

Na Tabela 4, observa-se que, de modo geral, não houve diferenças significativas na capacidade antioxidante medida pelo ensaio FRAP entre os tratamentos, exceto por

algumas variações pontuais ao longo do tempo de armazenamento, indicando que a capacidade redutora do ferro ferricianeto foi relativamente estável entre as formulações.

Tabela 4 – Análise FRAP expresso em capacidade antioxidante Trolox equivalente (TEAC) e desvio padrão comparando as médias dos diferentes tratamentos de leite fermentado durante o período de armazenamento (28 dias)

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	7	14	28
LH	546,37±97,21^{A}	554,88±44,16^{A}	551,38±82,11^{A}	498,04±59,67^{B}
EF	545,86±45,02^{A}	604,77±47,01^{A}	621,12±44,98^{A}	615,38±40,67^{A}
LHEF	658,04±14,22^{A}	588,37±22,11^{A}	535,11±46,14^{A}	498,05±34,67^{B}

Letras maiúsculas diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa (p≤0,05).
LH: leite fermentado por *L. helveticus*; EF: leite fermentado por *Enterococcus faecium*; LHEF: leite fermentado por *L. helveticus* e *E. faecium*.

Fonte: Autoria própria.

É possível que a correlação entre a atividade antioxidante e a concentração de peptídeos seja mais evidente em frações específicas do produto, como o soro, que contém peptídeos menores e mais hidrofóbicos com maior capacidade de sequestrar radicais livres (Burca-Busaga et al., 2022).

A atividade antioxidante pode ser influenciada por fatores como o tempo de fermentação e a liberação de peptídeos a partir das proteínas do leite (Moreno-Montoro et al., 2017). No entanto, a magnitude da atividade antioxidante é também modulada por características estruturais dos peptídeos, incluindo o comprimento da cadeia, a composição de aminoácidos específicos e a presença de resíduos aromáticos ou sulfurados (Cerrato et al., 2022). Essa complexidade estrutural é crucial para a interação com radicais livres e a doação de elétrons, elementos fundamentais para a capacidade antioxidante (Moreno-Montoro et al., 2017) (Colla et al., 2023).

4. CONCLUSÃO

A composição do leite fermentado pelas cepas *E. faecium e/ou Lb. helveticus* apresentou poucas variações. O teor de proteína do tratamento LHEF apresentou significativamente maior, enquanto a de carboidrato apresentou menor comparado aos demais tratamentos.

Todos os tratamentos apresentaram contagem bacteriana acima de 8 ciclos logarítmicos durante os 28 dias de armazenamento. As atividades antioxidantes dos compostos presentes no produto fermentado com tratamento LH e EF se mantiveram em todo o tempo de armazenamento, não ocorrendo o aumento da atividade como esperado. Já o tratamento LHEF apresentou queda na atividade antioxidante de todas as repetições para as análises de DPPH e FRAP durante o armazenamento.

Portanto, este estudo sugere que o leite fermentado com as culturas *L. helveticus* e *E. faecium* possui potencial como alimento funcional com propriedades antioxidantes, mas a manutenção dessas características durante o armazenamento é um desafio que exige otimização das condições de processo e formulação do produto.

5. AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos ao laboratório multiusuário da UTFPR (Labmulti) Câmpus Londrina pela realização de análises físico-químicas e liberação de uso de equipamentos analíticos para o desenvolvimento das análises antioxidantes. Ao laboratório LaMba pela concessão de equipamentos para o preparo das culturas láticas e estudo de viabilidade das bactérias em estudo.

REFERENCIAS

[1] Agyare, A. N., Liang, Q., Song, X., Zhang, Y., Yang, J., & Shi, Y. (2022). Oxidative stability and sensory evaluation of sodium caseinate-based yak butter powder. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-22629-8

[2] AHTESH, F. B.; STOJANOVSKA, L.; APOSTOLOPOULOS, V. Anti-hypertensive peptides released from milk proteins by probiotics. *Maturitas*, v. 115, p. 103-109, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.016.

[3] ANADÓN, A.; MARTÍNEZ-LARRAÑAGA, M. R.; ARÉS, I.; MARTÍNEZ, M. A. Prebiotics and probiotics: an assessment of their safety and health benefits. In: WATSON, R. R.; PREEDY, V. R. (ed.). *Probiotics, prebiotics, and synbiotics*. San Diego: Academic Press, 2016. cap. 1, p. 3-23. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00001-0.

[4] AOAC (2003). Official Methods of Analysis of the Association of Official's Analytical Chemists. 17th Edition, **Association of Official Analytical Chemists** (AOAC), Arlington, Virginia.

[5] ARAÚJO, H. C. S.; DE JESUS, M. S.; SANDES, R. D. D.; LEITE NETA, M. T. S.; NARAIN, N. Functional cheeses: updates on probiotic preservation methods. *Fermentation*, v. 10, n. 1, p. 8, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/fermentation10010008.

[6] ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 419-421, 2000.

[7] AZZAZ, H. H.; KHOLIF, A. E.; MURAD, H. A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E. A newly developed strain of *Enterococcus faecium* isolated from fresh dairy products to be used as a probiotic in lactating Holstein cows. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 9, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fvets.2022.989606.

[8] BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology,** v. 28, p.25-30, 1995.

[9] Burca-Busaga, C. G., Betoret, N., Seguí, L., & Barrera, C. (2022). Fermentation of Clementine Juice with Lactobacillus salivarius spp. salivarius CECT 4063: Effect of Trehalose Addition and High-Pressure Homogenization on Antioxidant Properties, Mucin Adhesion, and Shelf Life. *Fermentation*, *8*(11), 642. https://doi.org/10.3390/fermentation8110642

[10] Canon, F., Mariadassou, M., Maillard, M.-B., Falentin, H., Parayre, S., Madec, M., Valence, F., Henry, G., Laroute, V., Daveran-Mingot, M., Cocaign-Bousquet, M., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2020). Function-Driven Design of Lactic Acid Bacteria Co-cultures to Produce New Fermented Food Associating Milk and Lupin. *Frontiers in Microbiology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.584163

[11] Cerrato, A., Lammi, C., Capriotti, A. L., Bollati, C., Cavaliere, C., Montone, C. M., Bartolomei, M., Boschin, G., Li, J., Piovesana, S., Arnoldi, A., & Laganà, A. (2022). Isolation and functional characterization of hemp seed protein-derived short- and medium-chain peptide mixtures with multifunctional properties for metabolic syndrome prevention. *Food Research International*, *163*, 112219. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112219

[12] Cichońska, P., Bryś, J., & Ziarno, M. (2023). Use of natural biotechnological processes to modify the nutritional properties of bean-based and lentil-based beverages. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-44239-8

[13] Colla, L. M., Reinehr, C. O., Manfredini, P. G., Cavanhi, V. A. F., & Costa, J. A. V. (2023). Simultaneous production of proteases and antioxidant biopeptides by solid-state fermentation. *Sustainable Food Technology*, *1*(6), 874. https://doi.org/10.1039/d3fb00077j

[14] DAPKEVICIUS, M. D. L. E.; SGARDIOLI, B.; CÂMARA, S. P. A.; POETA, P.; MALCATA, F. X. Current trends of *Enterococci* in dairy products: a comprehensive review of their multiple roles. *Foods*, v. 10, n. 4, p. 821, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10040821.

[15] Delgado-Fernández, P., Hernández-Hernández, O., Olano, A., Moreno, F. J., & Corzo, N. (2019). Probiotic viability in yoghurts containing oligosaccharides derived from lactulose (OsLu) during fermentation and cold storage. *International Dairy Journal*, *102*, 104621. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104621

[16] El-Hadad, S. S., El-Aziz, M. A., Fouad, M., Sayed, A. F., & Sayed, R. S. (2024). Production and Evaluation of Probiotic Brown Yoghurt Made from Buffalo Milk as an Innovative Functional Dairy Product. *Research Square (Research Square)*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4844222/v1

[17] Emkani, M., Moundanga, S., Oliete, B., & Saurel, R. (2023). Protein composition and nutritional aspects of pea protein fractions obtained by a modified isoelectric precipitation method using fermentation. *Frontiers in Nutrition*, *10*. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1284413

[18] Freitas, R. de, Miranda, R. O. V. de, Netto, G. G., Nero, L. A., & Carvalho, A. F. de. (2015). Interference of different storage temperatures in the dynamics of probiotic Bifidobacterium spp. and Streptococcus thermophilus starter cultures in fermented milk. *Arquivos Do Instituto Biológico*, *82*. https://doi.org/10.1590/1808-1657000102013

[19] GRIFFITHS, M. W.; TELLEZ, A. M. *Lactobacillus helveticus*: the proteolytic system. *Frontiers in Microbiology*, v. 4, n. 30, p. 1-9, 2013. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00030.

[20] KIM, D. H.; KIM, S. A.; JO, N. G.; BAE, J. H.; NGUYEN, M. T.; JO, Y. M.; HAN, N. S. Phenotypic and genomic analyses of bacteriocin-producing probiotic *Enterococcus faecium* EFEL8600 isolated from Korean soy-meju. *Frontiers in Microbiology*, v. 14, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1237442.

[21] MERZOUG, M. et al. Isolation and characterization of enterocin-producing *Enterococcus faecium* strains from Algerian traditional food “dried figs marinated in olive oil”: functional and safety evaluations. *Foods*, v. 14, n. 5, p. 766, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/foods14050766.

[22] Moreno-Montoro, M., Herrera, M. O., Rufián-Henares, J. Á., Martínez, R. G., Miralles, B., Bergillos, T., Navarro-Alarcón, M., & Jauregi, P. (2017). Antioxidant, ACE-inhibitory and antimicrobial activity of fermented goat milk: activity and physicochemical property relationship of the peptide components. *Food & Function*, *8*(8), 2783. https://doi.org/10.1039/c7fo00666g

[23] Nielsen, S. D.-H., Jakobsen, L. M. A., Geiker, N. R. W., & Bertram, H. C. (2021). Chemically acidified, live and heat-inactivated fermented dairy yoghurt show distinct bioactive peptides, free amino acids and small compounds profiles. *Food Chemistry*, *376*, 131919. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131919

[24] NYANZI, R.; JOOSTE, P. J.; BUYS, E. M. Invited review: probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 1, p. 1-19, 2021. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116.

[25] POPOVIĆ, N.; STEVANOVIĆ, D.; RADOJEVIĆ, D.; VELJOVIĆ, K.; ĐOKIĆ, J.; GOLIĆ, N.; TERZIĆ-VIDOJEVIĆ, A. Insight into the postbiotic potential of the autochthonous bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* BGZLM1-5 in the reduction in the abundance of *Listeria monocytogenes* ATCC19111 in a milk model. *Microorganisms*, v. 11, n. 12, p. 2844, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms11122844.

[26] R Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL http:// www.R-project. org/)

[27] RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa,** 2007.

[28] SEELET, F. L.; EL-KHOLY, W. I.; ABD-RABOU, N. S. Evaluation of milk drinks fermented by probiotic bacteria and fortified with zinc salts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, v. 61, n. 1, p. 55-60, 2011. DOI: https://doi.org/10.2478/v10222-011-0005-9.

[29] Tenea, G. N., & Ascanta, P. (2022). Fortification of cocoa semi-skimmed milk formulations with native lactic acid bacteria: Cell viability, physicochemical and functional properties for developing novel foods. *Frontiers in Nutrition*, *9*. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1008871

[30] Vieira, C. P., Costa, M. P. da, Silva, V. L. de M., Delgado, K. F., Frasão, B. da S., Elias, T. A., Nunes, Y. E. C. de O., Glória, M. B. A., & Conte-Júnior, C. A. (2020). Interactive effect of physicochemical and microbial variables on bioactive amines content during storage of probiotic fermented milk. *LWT*. *LWT – Food Science and Technology*, v. 138, p. 110700, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110700

[31] Z. A., Tesfaye, A., Desalegn, A., Daba, T., & Haile, T. (2024). Formulation and Evaluation of Probiotic starter culture: Impact on Ethiopian cottage cheese "Ayib" Safety, Stability, Sensory acceptability and Antioxidant potential. *Research Square (Research Square)*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5097961/v1

[32] ZHAO, X. et al. Fermentation characteristics of fermented milk with *Streptococcus thermophilus* CICC 6063 and *Lactobacillus helveticus* CICC 6064 and volatile compound dynamic profiles during fermentation and storage. *Molecules*, v. 29, n. 6, p. 1257, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29061257.

Capítulo 14

Caracterização de bactérias láticas em queijos artesanais do Vale do Taquari: diversidade e impactos na qualidade e segurança dos alimentos

Magnólia Martins Erhardt
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

Resumo: O queijo artesanal, produzido com leite cru, possui uma tradição histórica e cultural ligada à região de origem. Dada a sua importância econômica e cultural, o objetivo principal deste estudo foi investigar e caracterizar a diversidade de bactérias láticas (BALs) de queijos artesanais produzidos e comercializados por agroindústrias familiares de uma região do sul do Brasil. A composição bactérias láticas (BAL) de amostras de queijos artesanais, pertencentes a diferentes municípios da Região do Vale do Taquari, foram caracterizadas pelo método de sequenciamento de nova geração (NGS), amplificando a região V3/V4 do gene 16S rRNA. Um total de 35 espécies de BAL, distribuídas em sete gêneros, foi identificado, e a análise de rarefação sugeriu que a diversidade total avaliada pela análise de 16S rRNA foi alta nas amostras analisadas, sendo o Lactococcus (r = 0,62) o mais expressivo. Os gêneros BAL identificados nas amostras de queijo foram *Bavariicococcus, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Marinillactibacillus e Pediococcus*. Lactococcus lactis foi a espécie mais predominante, presente em todas as amostras. Embora algumas espécies tenham sido identificadas nas três altitudes estudadas, a abundância variou de acordo com os ambientes geográficos. *Enterococcus italicus* está mais presente em altitudes elevadas, ao contrário de *Lactococcus plantarum* e *Lactococcus raffinolactisem* baixas altitudes. *Lactococcus lactis* esteve presente nos três ambientes geográficos avaliados, mas a maior abundância foi observada em altitudes elevadas. A identificação de BAL presentes em queijos é essencial para entender a qualidade organoléptica durante o processo de maturação, bem como para estabelecer o prazo de validade, incluindo a segurança e a qualidade geral do queijo. Esta microbiota específica contribui para o sabor e características únicas dos produtos lácteos regionais, e por outro lado pode ser uma fonte de culturas iniciais específicas que garantem a identidade do produto.

1. INTRODUÇÃO

Aspectos históricos, socioeconômicos e culturais dos alimentos fermentados artesanais têm recebido destaque crescente relacionado aos benefícios que proporcionam à saúde dos consumidores. Entre eles estão os queijos tradicionais, que possuem uma flora epífita que melhora a qualidade do produto em termos de sabor, textura e segurança (Montel et al., 2014; Kothe et al., 2022). Embora a produção brasileira de queijos seja baseada em práticas trazidas pelos colonizadores e imigrantes europeus, fatores como o clima, a alimentação, a raça dos animais e a qualidade do leite cru têm resultado em produtos diferenciados que fazem parte do patrimônio e da identidade de diferentes regiões do país (Penna et al., 2021; Kamimura et al., 2019). Como exemplo têm-se os queijos artesanais produzidos nas regiões sudeste (Araxá, Campo das Vertentes, Cerrado, Canastra e Serro), sul (Colonial e Serrano), central (Caipira), norte (Marajó) e nordeste (Manteiga e Coalho) do Brasil (Kamimura et al., 2018). As diretrizes relativas ao preparo e comercialização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal foram recentemente regulamentadas pelo Decreto nº 11.099, de 21 de junho de 2022 (Brasil, 2019a). Os que se enquadram na regulamentação e são elaborados por métodos tradicionais estão autorizados a usar o selo de identificação único "Queijo Artesanal" e o selo oficial do órgão de inspeção. De acordo com a legislação em vigor, considera-se queijo artesanal "o queijo elaborado segundo métodos tradicionais, com vínculos territoriais, regionais ou culturais e valorização, segundo protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade, e com boas práticas agropecuárias e de fabricação" (Brasil, 2019a; Brasil, 2019b).

De acordo com a literatura, os queijos, principalmente os artesanais, são potenciais fontes de BAL e podem ser utilizados para desenvolver culturas *starters*. Portanto, é importante e necessário aprofundar estudos na caracterização da biodiversidade desses produtos lácteos (Margalho et al., 2020; Kothe et al., 2022). Esse conhecimento pode proporcionar maior segurança do produto, apoiar o desenvolvimento de regulamentações e manter o reconhecimento histórico e cultural. No entanto, a maioria desses estudos se concentra na microbiota interna do queijo, desconsiderando a flora superficial presente na casca que pode abrigar bactérias e leveduras halotolerantes e halofílicas, fundamentais para a ecologia e tecnologia do queijo (Wolfe et al., 2014; Dugat-Bony et al, 2016; Kothe et al., 2022).

De acordo com De Antônio e Borelli (2020), a presença de BAL no queijo Minas artesanal é importante não apenas no processo de fermentação e transformação do leite em queijo, mas também são essenciais para o desenvolvimento das características organolépticas do produto, como aroma, textura e sabor. Apontam ainda que essas bactérias atuam significativamente como conservantes naturais ao produzirem substâncias antimicrobianas com ação antagônica a patógenos durante o processo de maturação, além da melhoria da qualidade microbiológica e segurança do produto.

Ainda há muitas perguntas sem resposta sobre os queijos artesanais brasileiros. Eles exigem uma investigação mais detalhada da composição em nível de espécie e até mesmo linhagem, a microbiota específica da superfície da casca (Kothe et al., 2022), bem como uma melhor compreensão da predominância da microbiota em diferentes ambientes, especialmente altitudes. Diante do exposto, vários estudos têm sido realizados utilizando a metagenômica (NGS) para caracterizar a estrutura da microbiota em queijos (Delcenserie et al., 2014; Dimov, 2021; Papadakis et al., 2021; Papadimitriou et al., 2022). Esta ferramenta tem se mostrado promissora, permitindo aos pesquisadores investigarem a microbiota endógena da matéria-prima ou adquirida exogenamente de

ambientes de processamento contaminados (Planý et al., 2016; Papadakis et al., 2021). Em geral, o queijo tem uma microbiota diversificada, com *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* e *Enterococcus*, sendo os gêneros mais abundantes (Planý et al., 2016). Juntamente com os outros gêneros do grupo BAL como *Carnobacterium*, *Aerococcus*, *Pediococcus*, *Tetragenococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weisella* e *Vagococcus*, todos eles desempenham um papel importante na impressão das propriedades organolépticas finais e na qualidade geral do produto (Papadimitriou et al., 2022; Sant'Anna et al., 2019).

Cinco variedades de queijos artesanais brasileiros (Araxá, Canastra, Serro, Colonial e Serrano) do sul e sudeste do Brasil tiveram sua microbiota caracterizada por Kothe et al. (2022) usando metagenômica. *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* foi o mais frequente, seguido por *Streptococcus thermophilus* no sul do Brasil. Além disso, várias amostras da região sudeste continham BALs como espécies dominantes, com predominância de *Streptococcus salivarius* e *S. Infantarius* e a bactéria halotolerante *Corynebacterium variabile* nas cascas. Em outro estudo usando NGS (Sant'Anna et al., 2019), em queijo Minas artesanal com 60 dias de maturação, relataram a presença da família *Planococcaceae* e observaram interações com a família *Leuconostocaceae* na superfície. Além disso, os autores consideram que fatores abióticos, como localização geográfica, umidade e acidez, são os principais impulsionadores da mudança microbiana. A influência geográfica, como a altitude, também foi relatada por Resende et al. (2011) em queijos minas frescal, produzidos em fábricas localizadas em altitudes superiores a 600 m. As maiores populações de BAL estavam presentes nas amostras de queijo produzidas em altitudes entre 600 e 900 m.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar e caracterizar a diversidade de BAL em queijos artesanais produzidos e comercializados por agroindústrias familiares em uma região do sul do Brasil. O estudo foi realizado pela técnica NGS em 13 queijos artesanais de diferentes municípios que compõem o Vale do Taquari (RS).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

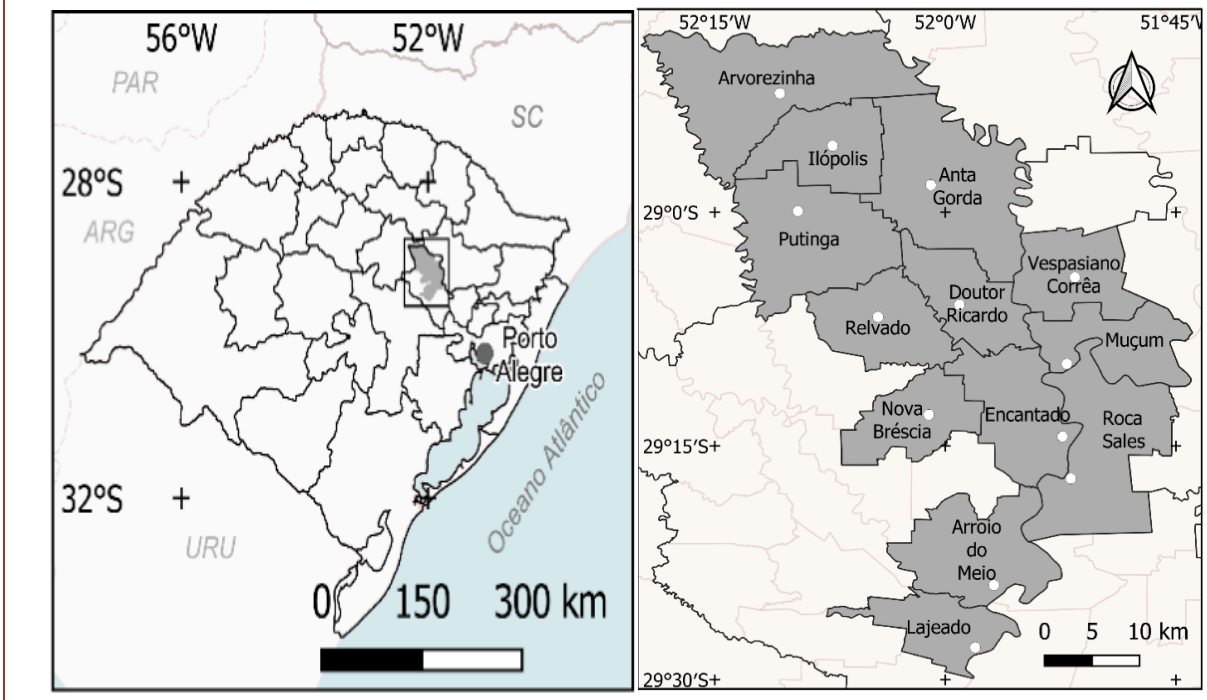
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Localizada na região central do Rio Grande do Sul, a Região do Vale do Taquari (RVT) é formada por 36 municípios, totalizando 4.821,1 km^2 (1,71% do estado). A agricultura e a pecuária têm papel importante na economia da RVT, destacando-se a avicultura, suinocultura, corte e gado leiteiro. Essa produção ocorre principalmente em pequenas propriedades; por isso, destaca-se na região a produção de queijo artesanal com leite cru. Os municípios onde as amostras foram coletadas têm forte influência das colonizações alemã (Lajeado, Arroio do Meio e Roca Sales) e italiana (Encantado Muçum, Nova Bréscia, Relvado, Anta Gorda, Arvorezinha, Doutor Ricardo, Ilópolis, Putinga e Vespasiano Correa).

2.2. COLETA DE AMOSTRAS

Treze amostras de queijos artesanais macios e de alta umidade produzidos com leite cru utilizando fermentos comerciais e maturados entre sete e dez dias foram adquiridos diretamente de produtores e mercados locais em diferentes municípios da RVT (Figura 1). As amostras foram agrupadas de acordo com a altitude dos municípios em baixa (<150 m), média (>150 e <350 m) e alta (>350 m), com base na altitude média do estado do Rio Grande do Sul (206 m) (Topographic, 2022).

Figura 1. Localização dos municípios. Referências de baixa altitude (<150 m): Arroio do Meio – AM (54 m), Encantado – EM (58 m), Lajeado – LJ (34 m), Muçum – UM (77 m), Roca Sales – RC (60 m); média (>150 e <350): Nova Brécia – NB (313 m), Relvado – RV (297 m); alto (>350 m): Anta Gorda – AG (411 m), Arvorezinha – AV 9750 m), Doutor Ricardo – DR (499 m), Ilópolis – IL (786m), Putinga – PT (435 m), Vespasiano Corrêa – VC (518 m)



As amostras foram acondicionadas em caixa isotérmica e mantidas sob refrigeração até a chegada ao laboratório de análises de alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). As amostras foram porcionadas assepticamente em alíquotas de 200 g de queijo, aferido o pH (Datalogger-Digital Instruments) sendo, posteriormente, enviadas sob refrigeração para análise metagenômica em laboratório credenciado (Santa Catarina, Brasil).

2.3. ANÁLISE METAGENÔMICA

O perfil da população bacteriana e sua identificação foram realizados usando NGS. A preparação das bibliotecas seguiu o protocolo desenvolvido pelo laboratório credenciado, descrito a seguir, onde a amplificação foi realizada com *primers* para a região V3–V4 do gene 16S rRNA, 341F com sequência (CCTACGGGRSGCAGCAG) e 806R com sequência (GGACTACHVGGGTWTCTAAT) (Wang & Qian, 2009; Caporaso, 2012). Em seguida, as bibliotecas foram sequenciadas por meio do equipamento MiSeq Sequencing System (Illumina Inc., San Diego, CA, EUA) e as sequências analisadas por meio do *pipeline* Sentinel (informações fornecidas pelo laboratório).

No *pipeline* Sentinel, os arquivos fastq são avaliados quanto à qualidade Phred (QP) (FastQC v.0.11.8). Em seguida, os arquivos fastq são seccionados para *primers* e sequências com baixa qualidade (Phred < 20) usando software próprio construído em

Python v.3.6. Para dados emparelhados, antes da etapa de corte, dois pares de arquivos (R1 e R2) são mesclados (Pandaseq v.2.11). *Clusters* com abundância inferior a 5 são removidos das análises. As identificações taxonômicas são realizadas com *blastn* v.2.6.0+, utilizando como referência um banco de dados do pipeline Sentinel. Quanto à definição de uma espécie, entre os 20 acertos retornados para cada *cluster*, uma instrução Python avalia se um dos três requisitos a seguir é atendido: (a) pontuação de *bit* mais alta, (b) valor de e mais baixo e (c) taxonomias com maior representatividade. As espécies são definidas usando 99% de identidade. Análises de DMD bacterianas foram realizadas em bancos de dados de referência para os próprios genes 16S rRNA do canal Sentinel. O banco de sequências gênicas 16S rRNA possui sequências gênicas completas (em sua maioria), que contêm sequências recuperadas de genomas, inequívocas e filtradas para sequências quimeras.

A curva de rarefação foi verificada para a representação da riqueza de espécies para um determinado número de amostras individuais usando a ferramenta Silvangs (versão 1.9.8/1.4.9), que agrupou todas as sequências de rRNA 16S e, com base no banco de dados, foi capaz de gerar o gráfico da curva de rarefação.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os programas Statistica 8 e Excel foram utilizados para realizar a análise estatística de variância, e as médias foram comparadas por meio dos testes de Tukey e ANOVA, com nível de significância de 95%. Além disso, também foi realizada a análise de componentes principais (PCA), que é uma técnica estatística para análise multivariada. Para realizar o agrupamento das altitudes, foi utilizada a análise de agrupamento hierárquico aglomerativo (AHC) considerando a distância euclidiana. Ainda foi utilizado o teste de correlação não paramétrica de Spearman (intervalo de confiança de 95%) (versão 8.2, GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, EUA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para caracterizar a composição taxonômica de BAL de amostras de queijos artesanais pertencentes a diferentes municípios da RVT, foi utilizada a metodologia NGS amplificando a região V3/V4 do gene 16S rRNA. As sequências foram agrupadas em unidades taxonômicas operacionais (OTUs) bacterianas que permitiram a identificação taxonômica de 35 espécies de BAL distribuídas em sete gêneros. O número de OTUs de bactérias totais das amostras dos 13 municípios foi de 424.361, média de 32.643; destes, 60% foram identificados como espécies BAL (n = 254.678) com valor médio de 19.591 OTUs. Não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) em relação ao número de OTUs das BAL e ao grupo formado pelas demais bactérias. A espécie com maior abundância foi *Lactococcus lactis* com 47,0%, representando também 78,4% do total entre as espécies BAL. A maior riqueza de OTU identificada foi na amostra VC e DR, com 123.812 e 20.710 OTUs, respectivamente, e a menor em RV, com 1454 e AV com 1879 OTUs.

Em relação ao pH, as amostras dos queijos artesanais AV e RC apresentaram pH acima de 6,0, com predominância de *Lactococcus*/*Leuconostoc* e *Enterococcus*, respectivamente. As amostras restantes tinham potencial de hidrogênio em torno de 5,0. O valor médio do pH das 13 amostras foi de 5,3, variando de 4,6 a 6,6. Todas as amostras de queijos artesanais apresentaram o gênero *Lactococcus* como o mais expressivo, exceto RC, que destacou *Enterococcus*. A análise de correlação de Spearman entre o pH e os gêneros revelou

significância apenas com o gênero *Leuconostoc* (r = 0,62), mostrando que as espécies desse gênero possuem relação direta com a acidificação do meio. Um estudo de Margalho et al. (2021), que teve como objetivo avaliar as características tecnológicas de diferentes tipos de queijos artesanais brasileiros, mostrou uma variabilidade intraespécie nas taxas de acidificação dos produtos lácteos, sendo mais pronunciada entre isolados de queijos artesanais minas, caipira e coalho. *Lacticaseibacillus paracasei* e *Levilactobacillus brevis* apresentaram taxas de acidificação mais rápidas.

Os gêneros BAL identificados nas amostras de queijo foram *Bavariicococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Marinilactibacillus* e *Pediococcus*, sendo os mais abundantes *Lactococcus* (84,2%) e *Enterococcus* (12,8%), estando presentes em todas as 13 amostras. Esses gêneros estão naturalmente presentes como microrganismos nativos. São comumente identificados em estudos de caracterização da microbiota de diferentes tipos de queijos, pois fazem parte do processo fermentativo de produtos lácteos e possuem potencial para atuar como probióticos (Coeuret et al., 2003; Amraii et al., 2014; Suárez et al., 2020; Dimov et al., 2021; Papadakis et al., 2021; Gezginc et al., 2022).

Foi observada uma correlação entre a população total de BAL e o gênero *Lactococcus* (r = 0,83), que tem suas espécies frequentemente isoladas em alta abundância em queijos. Além disso, este gênero apresentou a maior diversidade de espécies, com 14 identificadas, seguido de *Lactobacillus* com nove. Os demais gêneros apresentaram riqueza abaixo de 2% cada. Os produtos lácteos, principalmente os queijos, possuem grande diversidade de BAL que conferem características próprias, conforme relatado por Myazaki (2021).

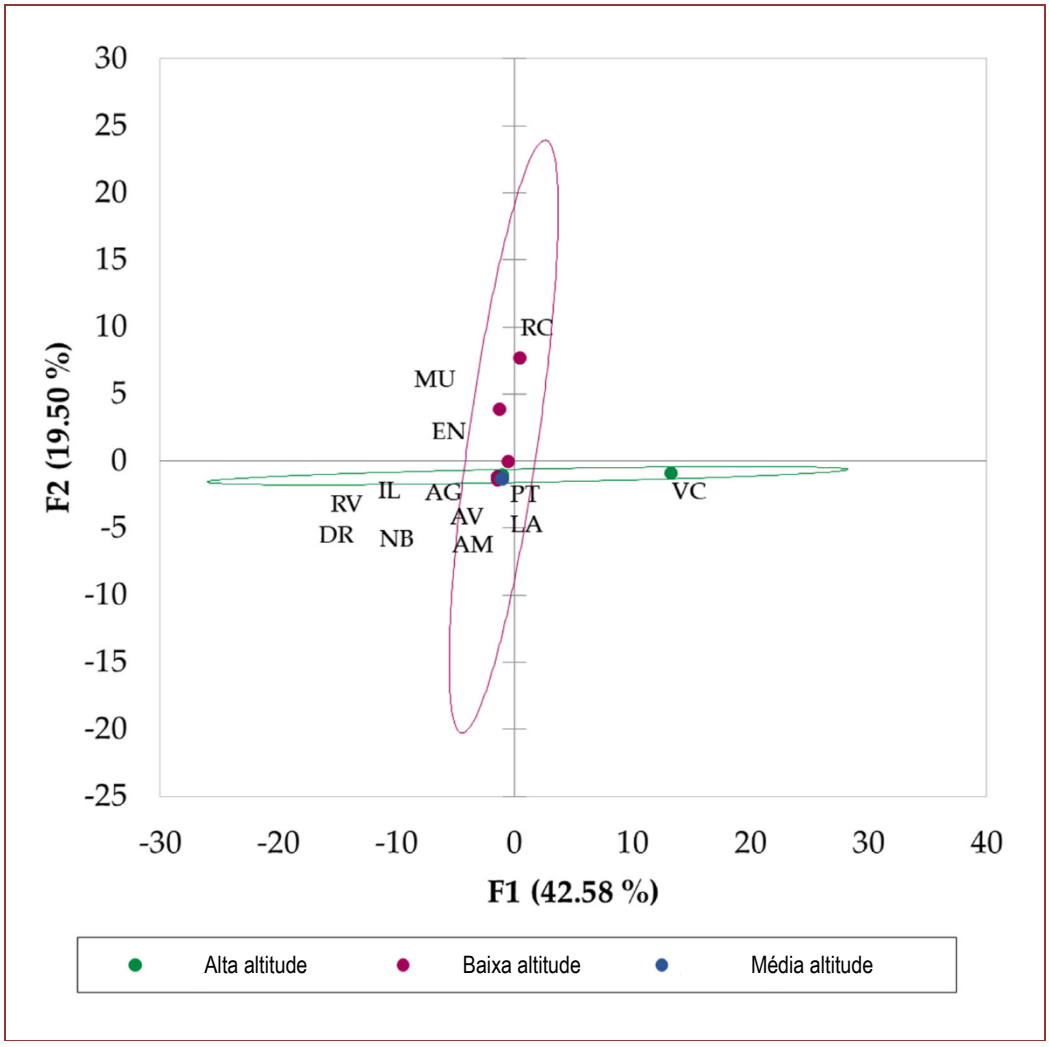
Os gêneros *Marinilactibacillus* e *Pediococcus*, representados pelas espécies *Marinilactibacillus psychrotolerans* e *Pediococcus pentosaceus*, foram restritos a apenas uma amostra, MU e VC, respectivamente, e mesmo com baixa abundância, tiveram 43 e 8 OTUs. Ambas as amostras também tiveram a maior diversidade de gênero, com seis em sete. *Marinilactibacillus* é um grupo de bactérias halofílicas e alcalina lácticas de origem marinha e tem sido relatado como subdominante e descrito como parte da microbiota de queijos macios e semi-duros desempenhando um papel na maturação do queijo (Ishikawa et al., 2003; Ishikawa et al., 2006; Roth et al., 2010; Delcenserie et al., 2014). *Pediococcus pentosaceus* tem desempenhado um papel importante nas aplicações de BAL, pois interage com o trato gastrointestinal humano e pode ser usado como conservante natural para alimentos, plantas ou animais ou como um possível probiótico emergente, bem como um biopromotor de crescimento animal (Jiang et al., 2021).

Outro gênero com baixa frequência foi *Bavariicoccus* (n = 1144 OTUs), com apenas uma espécie (*B. seileri*) identificada, sendo detectada em apenas cinco amostras (AV, MU, PT, RC e VC). Foi mais abundante em MU (n = 868) e RC (n = 261), ambos produzidos e maturados em regiões abaixo de 77 m de altitude. Essa espécie também foi identificada em queijos das regiões sudeste e sul do Brasil, embora em maior proporção nas regiões de maior altitude (Kothe et al., 2022).

Na análise de PCA realizada, foi observada alta similaridade entre os três *clusters* em relação à região geográfica localizada na mesma dimensão (quadrantes cartesianos). Segundo Margalho et al. (2021), a estatística multivariada permite *insights* sobre um conjunto diversificado de propriedades tecnológicas e de biopreservação de BALs. Segundo esses autores, estabelecer relações entre as características tecnológicas permite um entendimento aprofundado da heterogeneidade e pode contribuir para o desenho de culturas starter com propriedades variadas e combinadas. A Figura 2 mostra que

amostras de altitudes médias são agrupadas com amostras de altitudes baixas e médias. A amostra VC (alta altitude—verde) estava distante das demais, assim como RC e MU (altitude baixa—rosa). Ressalta-se que a amostra VC foi a que apresentou a composição com maior número de espécies, incluindo duas exclusivas desta amostra, também observadas em MU, com espécies exclusivas.

Figura 2 Representação das amostras agrupadas por PCA em quadrantes cartesianos. Os grupos de amostras são coloridos de acordo com as diferentes regiões (altitudes) onde são produzidos, ou seja, rosa (baixo), azul (médio) e verde (alto)



Além disso, as espécies bacterianas também foram agrupadas por PCA e, consequentemente, classificadas em três dimensões. O primeiro quadrante pertencente à alta altitude teve predominância de *Enterococcus devriesei*, *E. italicus*, *E. malodoratus*, *E. pseudoavium, E. saccharolyticus*, *E. sulfureus*, *Lactobacillus brevis*, *L. crispatus*, *L. helveticus*, *L. kefiranofaciens*, *L. plantarum*, *Lactococcus garvieae*, *L. lactis*, *L.piscium*, *Leuconostoc citreum*, *L. Pseudomesenteroides* e *Pediococcus pentosaceus*; no segundo quadrante predominaram *Bavariococcus seileri*, *Enterococcus casseliflavus*, *E. durans*, *E. faecium*, *E. gilvus*, *E. hirae*, *E. lactis*, *Enterococcus* sp., *E. thailandicus*, *E. villorum*, *Lactobacillus uvarum*, *Lactococcus plantarum*, *L. raffinolactis*, *Leuconostoc lactis*, *L.mesenteroides* e *Marinilactacibacillus psychrotolerans*, sendo semelhante a baixa altitude; e por fim, o

quarto quadrante teve predominância de *Lactobacillus casei* e *L. curvatus*, pertencentes à altitude média.

De acordo com a análise estatística multivariada (distância euclidiana) por agrupamento, constatou-se que as amostras de alta altitude não apresentaram similaridade com as demais, ao contrário daquelas de baixa e média altitude que resultaram em um comportamento de similaridade, formando um único clado (que foi reclassificado como de baixa altitude). As sequências do gene 16S rRNA das cepas sequenciadas no genoma são usadas como referências para identificar o parente mais próximo de cada sequência de amostra.

4. CONCLUSÕES

Com o advento da análise metagenômica, a caracterização da flora presente nos queijos pode ser melhor estudada pelos pesquisadores, pois a montagem de bibliotecas de sequenciamento permite identificar as sequências presentes e, assim, inferir possíveis relações como abundância entre amostras de queijo e sua relação com pH, altitude, características organolépticas, estudo de inibição de patógenos, entre outros. Neste estudo, foi observado uma correlação entre o BAL do gênero *Leuconostoc* e a acidificação da matriz alimentar. Além disso, o fator ambiental altitude demonstrou ter influência na diversidade e abundância de bactérias nas amostras de queijo artesanal analisadas, determinando uma impressão digital específica.

As espécies *Enterococcus italicus* e *Lactococcus lactis* foram mais abundantes em altitudes elevadas, apresentando também sete espécies exclusivas desta elevação, e, *Lactococcus plantarum* e *L. Raffinolactis* estiveram presentes em maior quantidade em altitudes baixas, com oito espécies específicas. Por meio da análise PCA, foi possível verificar uma alta similaridade entre os três grupos em relação à região geográfica. O agrupamento de amostras de média e alta elevação também foi observado na análise de agrupamento de distância euclidiana. As espécies bacterianas também foram agrupadas por PCA e cada altitude teve espécies agrupadas em quadrantes específicos.

REFERÊNCIAS

[1] Amraii, H.N.; Abtahi, P.; Jafari, H.R.; Mohajerani, M.R.; Fakhroleslam, N. In vitro study of potentially probiotic lactic acid bactéria strains isolated from traditional dairy products. *Jundishapur J. Microbiol.* *7*:e10168, 2014.

[2] Brasil. Decreto nº 11.099, de 21 de Junho de Regulamenta o Art. 10-A da Lei nº 1.283, de 18 de Dezembro de 1950, e a Lei nº 13.860, de 18 de Julho de 2019, Para Dispor Sobre a Elaboração e a Comercialização de Produtos Alimentícios de Origem Animal Produzidos de Forma Artesanal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11099.htm#:~{}:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.099%2C%20DE%2021,animal%20produzidos%20de%20forma%20artesanal\T1\textgreater{} Acesso em: 13 ago. 2022).

[3] Brasil. Lei nº 13.860, de 18 de Julho de Dispõe Sobre a Elaboração e a Comercialização de Queijos Artesanais e dá Outras Providências. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/selo-arte-selo-queijoartesanal/legislacao/lei-no-13-860-de-18-de-julho-de-2019.pdf/view\T1\textgreater{} Accessed em 22 dez. 2022.

[4] Caporaso, J.G.; Lauber, C.L.; Walters, W.A.; Berg-Lyons, D.; Huntley, J.; Fierer, N.; Owens, S.M.; Betley, J.; Fraser, L.; Bauer, M.; et al. Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *ISME J. 6:*1621–1624, 2012.

[5] Coeuret, V.; Dubernet, S.; Bernardeau, M.; Gueguen, M.; Vernoux, J.P. Isolation, characterisation

and identification of lactobacilli focusing mainly on cheeses and other dairy products. *Le Lait. 83*:269–306, 2003.

[6] De Antônio, M.B.; Borelli, B. A importância das bactérias láticas na segurança e qualidade dos queijos minas artesanais. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes. 75:*204–221, 2020.

[7] Delcenserie, V.; Taminiau, B.; Delhalle, L.; Nezer, C.; Doyen, P.; Crevecoeur, S.; Roussey, D.; Korsak, N.; Daube, G. Microbiota characterization of a Belgian protected designation of origin cheese, Herve cheese, using metagenomic analysis. *J. Dairy Sci. 97*:6046–6056, 2014.

[8] Dimov, S.G. The unusual microbiota of the traditional Bulgarian dairy product Krokmach—A pilot metagenomics study. *Int. J. Dairy Technol. 75*:139–149, 2021.

[9] Dimov, S.G.; Gyurova, A.; Zagorchev, L.; Dimitrov, T.; Georgieva-Miteva, D.; Peykov, S. NGS- ased Metagenomic Study of Four Traditional Bulgarian Green Cheeses from Tcherni Vit. *LWT. 152*:112278, 2021.

[10] Dugat-Bony, E.; Garnier, L.; Denonfoux, J.; Ferreira, S.; Sarthou, A.-S.; Bonnarme, P.; Irlinger, F. Highlighting the microbial diversity of 12 French cheese varieties. *Int. J. Food Microbiol. 238*:265–273, 2016.

[11] Gezginc, Y.; Karabekmez-Erdem, T.; Tatar, H.D.; Da˘ggeçen, E.C.; Ayman, S.; Akyol, I. Metagenomics and volatile profile of Turkish artisanal Tulum cheese microbiota. *Food Biosci. 45*, 101497, 2022.

[12] Ishikawa, M.; Kodama, K.; Yasuda, H.; Okamoto-Kainuma, A.; Koizumi, K.; Yamasato, K. Presence of halophilic and alkaliphilic lactic acid bacteria in various cheeses. *Lett. Appl. Microbiol. 44*:308–313, 2006.

[13] Ishikawa, M.; Nakajima, K.; Yanagi, M.; Yamamoto, Y.; Yamasato, K. Marinilactibacillus psychrotolerans gen. nov., sp. nov., a halophilic and alkaliphilic marine lactic acid bacterium isolated from marine organisms in temperate and subtropical areas of Japan. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 53*:711–720, 2003.

[14] Jiang, S.; Cai, L.; Lv, L.; Li, L. Pediococcus pentosaceus, a future additive or probiotic candidate. *Microb. Cell Factories. 20*:45, 2021.

[15] Kamimura, B.A.; De Filippis, F.; Sant'Ana, A.S.; Ercolini, D. Large-scale mapping of microbial diversity in artisanal Brazilian cheeses. *Food Microbiol. 80*, 40–49, 2018.

[16] Kamimura, B.A.; Magnani, M.; Luciano, W.A.; Campagnollo, F.B.; Pimentel, T.C.; Alvarenga, V.O.; Pelegrino, B.O.; Cruz, A.G.; Sant'Ana, A.S. Brazilian Artisanal Cheeses: An Overview of their Characteristics, Main Types and Regulatory Aspects. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 18:*1636–1657. 2019.

[17] Kothe, C.I.; Mohellibi, N.; Renault, P. Revealing the microbial heritage of traditional Brazilian cheeses through metagenomics. *Food Res. Int. 157:*111265, 2022.

[18] Penna, A.; Gigante, M.; Todorov, S. Artisanal Brazilian Cheeses—History, Marketing, Technological and Microbiological Aspects. *Foods. 10:*1562, 2021.

[19] Margalho, L.P.; Feliciano, M.D.; Silva, C.E.; Abreu, J.S.; Piran, M.V.F.; Sant'Ana, A.S. Brazilian artisanal cheeses are rich and diverse sources of nonstarter lactic acid bacteria regarding technological, biopreservative, and safety properties—Insights through multivariate analysis. *J. Dairy Sci. 103*:7908–7926, 2020.

[20] Margalho, L.P.; Kamimura, B.A.; Brexó, R.P.; Alvarenga, V.O.; Cebeci, A.S.; Janssen, P.W.; Dijkstra, A.; Starrenburg, M.J.; Sheombarsing, R.S.; Cruz, A.G.; et al. High throughput screening of technological and biopreservation traits of a large set of wild lactic acid bacteria from Brazilian artisanal cheeses. *Food Microbiol. 100*, 103872, 2021.

[21] Montel, M.-C.; Buchin, S.; Mallet, A.; Delbes-Paus, C.; Vuitton, D.A.; Desmasures, N.; Berthier, F. Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *Int. J. Food Microbiol. 177:*136–154, 2014.

[22] Myazaki, N.L. *Identificação e Quantificação de Bactérias em Queijo Colonial Utilizando as Regiões V3–V4 do Gene 16S Rrna*; TCC, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, Brazil, 2021; 80p.

[23] Papadakis, P.; Konteles, S.; Batrinou, A.; Ouzounis, S.; Tsironi, T.; Halvatsiotis, P.; Tsakali, E.; Van Impe, J.F.M.; Vougiouklaki, D.; Strati, I.F.; et al. Characterization of Bacterial Microbiota of P.D.O. Feta

Cheese by 16S Metagenomic Analysis. *Microorganisms. 9*:2377, 2021.

[24] Papadimitriou, K.; Anastasiou, R.; Georgalaki, M.; Bounenni, R.; Paximadaki, A.; Charmpi, C.; Alexandraki, V.; Kazou, M.; Tsakalidou, E. Comparison of the Microbiome of Artisanal Homemade and Industrial Feta Cheese through Amplicon Sequencing and Shotgun Metagenomics. *Microorganisms. 10*:1073,2022.

[25] Planý, M.; Kuchta, T.; Šoltýs, K.; Szemes, T.; Pangallo, D.; Siekel, P. Metagenomic Analysis of Slovak Bryndza Cheese Using Next-Generation 16S rDNA Amplicon Sequencing. *Nova Biotechnol. Chim. 15*:23–34, 2016.

[26] Quast, C.; Pruesse, E.; Yilmaz, P.; Gerken, J.; Schweer, T.; Yarza, P.; Peplies, J.; Glöckner, F.O. The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res. 41*:D590–D596, 2013.

[27] Resende, M.F.S.; Costa, H.H.S.; Andrade, E.H.P.; Acúrcio, L.B.; Drummond, A.F.; Cunha, A.F.; Souza, M.R. Queijo de minas artesanal da Serra da Canastra: Influência da altitude das queijarias nas populações de bactérias acidolácticas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo. 63*:1567–1573, 2011.

[28] Roth, E.; Miescher Schwenninger, S.; Hasler, M.; Eugster-Meier, E.; Lacroix, C. Population dynamics of two antilisterial cheese surface consortia revealed by temporal temperature gradient gel electrophoresis. *BMC Microbiol. 10:*74, 2010.

[29] Sant'Anna, F.M.; Wetzels, S.U.; Cicco, S.H.S.; Figueiredo, R.C.; Sales, G.A.; Figueiredo, N.C.; Nunes, C.A.; Schmitz-Esser, S.; Mann, E.; Wagner, M.; et al. Microbial shifts in Minas artesanal cheeses from the Serra do Salitre region of Minas Gerais, Brazil throughout ripening time. *Food Microbiol. 82*:349–362, 2019.

[30] Suárez, N.; Weckx, S.; Minahk, C.; Hebert, E.; Saavedra, L. Metagenomics-based approach for studying and selecting bioprotective strains from the bacterial community of artisanal cheeses. *Int. J. Food Microbiol. 335*, 108894, 2020.

[31] Topographic. 2022. Disponível em: https://pt-br.topographic-map.com/map-pb651/Rio-Grande-do-Sul/ Acesso em: 20 dez. 2022.

[32] Wang, Y.; Qian, P.Y. Conservative Fragments in Bacterial 16S rRNA Genes and Primer Design for 16S Ribosomal DNA Amplicons in Metagenomic Studies. *PLoS ONE. 4*:e7401, 2009.

[33] Wolfe, B.E.; Button, J.E.; Santarelli, M.; Dutton, R.J. Cheese Rind Communities Provide Tractable Systems for In Situ and In Vitro Studies of Microbial Diversity. *Cell. 158*:422–433, 2014.

Capítulo 15

Avaliação sensorial de formulações de creme de queijo: identificando a preferência do consumidor e potencial de mercado

Flávia Michelon Dalla Nora
Marianna Pozzatti Martins de Siqueira
Ellen Cristina Perin
Matheus Abraão Piovesan Pedroso

Resumo: Segundo a legislação, o queijo cremoso é classificado como queijo mole, untável, não maturado, de massa fresca e não submetido à fusão. Devido à elevada procura por parte dos consumidores, a indústria busca desenvolver novas formulações para atender a essa demanda. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar sensorialmente quatro formulações de creme de queijo elaboradas a partir de queijo minas frescal, fontina, provolone e gouda, visando identificar a de maior aceitação entre os consumidores (n = 138). As formulações foram submetidas a análise sensorial afetiva por meio da escala hedônica facial de sete pontos, considerando os atributos aparência, sabor, textura e aceitação global. Além disso, aplicaram-se questões abertas referentes ao que mais e menos agradou em cada amostra. As respostas foram organizadas em nuvens de palavras, permitindo a identificação dos principais pontos fortes e fragilidades de cada formulação. Os resultados indicaram que o creme de queijo elaborado com provolone apresentou os melhores índices para sabor, textura e aceitação global. A análise das nuvens de palavras confirmou essa preferência, destacando termos como “cremoso”, “saboroso” e “equilibrado”. Conclui-se que a formulação de creme de queijo à base de provolone apresentou desempenho superior em relação às demais, configurando-se como a mais promissora para desenvolvimento comercial. O estudo evidencia, assim, a relevância da análise sensorial no desenvolvimento de produtos alimentícios, uma vez que permite alinhar atributos sensoriais às expectativas dos consumidores, ampliando as chances de sucesso no mercado.

Palavras-chave: análise sensorial, creme de queijo, escala hedônica, aceitação do consumidor, desenvolvimento de produtos alimentícios.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios trata-se de um segmento tradicional que está sempre em busca de inovações (Giesteira et al., 2024; Oliveira et al., 2024). Os derivados lácteos mais conhecidos, provenientes de diferentes processos tecnológicos, são queijos, iogurte, bebida láctea e queijos cremosos (Oliveira et al., 2024).

O queijo é um alimento sólido, produzido a partir do leite de diversos animais. Teria surgido há muitos anos, de maneira espontânea, ao observar que o leite levado pelos pastores para alimentação, talhava quando armazenado em bolsas feitas a partir do estômago de animais. Isso se dá, devido à presença de enzimas que causam a coagulação do leite, gerando o queijo (Mcgee, 2014).

O creme de queijo foi apontado como o líder do mercado de *commodities* no Brasil, apresentando elevado consumo pela população, principalmente na região sudeste e sul (Cecatto e Arnhold, 2022). Diversos estudos estão sendo conduzidos, a fim de desenvolver novos tipos de queijos cremosos, mantendo suas características organolépticas e custos (Ong et al., 2020; Foguel et al., 2021; Wu et al., 2023; Freitas et al., 2024; Oliveira et al., 2024).

Segundo a legislação brasileira (Portaria n.º 146 de 1996), conceitua-se queijo como "O produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes" (Brasil, 1996).

Existem diversos tipos de queijos, produzidos de diferentes maneiras, com o uso de diferentes enzimas, ácidos, métodos de cocção, tempos de maturação, temperos, etc., que apresentam relevância nacional e mundial, como exemplo, queijo Parmesão, Gorgonzola, Minas, Coalho, Gouda, entre outros (Monteiro, 2018).

O queijo minas frescal trata-se de um queijo de sabor neutro, semi-gordo, de alta umidade, a ser consumido fresco (Brasil, 1997). O queijo fontina, consiste em um queijo de massa filada, enformado e prensado, obtido de leite cru ou pasteurizado, devidamente maturado pelo espaço mínimo de 30 (trinta) dias e formato cilíndrico (Brasil, 1952). O queijo gouda é semelhante ao queijo prato padrão, apresentando textura mais firme e paladar mais picante (Brasil, 1952) e, o queijo provolone, trata-se do queijo obtido por coagulação do leite pasteurizado com coalho e/ou enzimas coagulantes, possivelmente com adição de bactérias lácticas, resultando numa massa filada, não prensada, que pode ser fresco, maturado, defumado ou não (Brasil, 2020).

Segundo a Instrução Normativa SDA/MAPA n° 71, "Queijo cremoso ou cream cheese é o produto obtido a partir do leite pasteurizado, podendo opcionalmente ser adicionado de derivados lácteos e substâncias alimentícias previstas neste Regulamento, submetido à fermentação ou acidificação direta, aquecimento, homogeneização e refrigeração, podendo contemplar outras etapas tecnologicamente adequadas". Trata-se de um queijo mole, untável, não maturado, de massa fresca e não submetido à fusão. Além disso, enquadra-se como um queijo semi-gordo, gordo ou extra gordo, de muita alta umidade. Apresenta como ingrediente obrigatório o leite ou leite reconstituído, isoladamente ou em combinação, padronizados ou não em seu teor de gordura, proteína ou ambos. A

adição de amidos ou amidos modificados não poderá ser superior a 1,0% (um por cento) massa/massa da composição desse produto (Brasil, 2020).

O queijo cremoso possui como características sensoriais: 1) Aroma característico; 2) Consistência untável ou espalhável; 3) Cor branca a levemente amarelada ou de acordo com os ingredientes e aditivos adicionados; 4) Sabor lático, acidulado, fresco, opcionalmente salgado ou doce ou de acordo com os ingredientes e aditivos adicionados; e 5) textura cremosa, lisa a levemente granulada ou arenosa, macia, podendo ser aerada e apresentar leve dessoramento (Brasil, 2020). Além disso, o queijo cremoso deve cumprir parâmetros físico-químicos, como: teor de matéria gorda no extrato seco mínimo de 25g/100g (vinte e cinco gramas por cem gramas); e teor de umidade de 78g/100g (setenta e oito gramas por cem gramas). Aos critérios microbiológicos estabelecidos no Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Requisitos Microbiológicos de Queijos. Art. 10. O produto final deve, obrigatoriamente, ser armazenado em temperatura não superior a 10° C (dez graus Celsius) (Brasil, 2020).

Com base no exposto acima, pode-se observar que existem diversos tipos de queijo com sabores, aromas e texturas diversas que podem vir a ser empregados na fabricação de creme de queijo, os quais apresentaram características distintas conforme as diferenças na composição e produção. Assim, objetiva-se avaliar a aceitação via escala hedônica facial de 7 pontos dos atributos de quatro diferentes formulações de creme de queijo elaborados a partir de Queijo Minas Frescal, Tipo Gouda, Tipo Fontina e Provolone defumado, com relação aos atributos de cor, aroma, textura e sabor. Também, foi realizado um estudo de mercado com relação à frequência de consumo e preço do produto, a fim de compreender melhor o panorama mercadológico deste tipo de produto.

2. METODOLOGIA

2.1. AMOSTRAS

A elaboração dos cremes de queijo foi conduzida em escala laboratorial, a partir de formulações previamente padronizadas e adaptadas para fins experimentais. Inicialmente, estabeleceu-se uma mistura base composta por creme de leite (500 g), manteiga (100 g), leite integral (50 mL) e queijo Minas Frescal (50 g). A essa matriz foram adicionados 350 g do queijo destinado à caracterização do sabor — Tipo Gouda, Provolone Defumado, Minas Frescal ou Tipo Fontina — resultando em quatro variações distintas. O teor de sal foi ajustado a gosto, de modo a manter equilíbrio sensorial entre as formulações.

Os ingredientes foram previamente pesados em balança analítica, e, para facilitar a incorporação, todos os queijos foram ralados. A homogeneização foi realizada em liquidificador industrial até a obtenção de uma massa uniforme e de consistência cremosa. Na sequência, o produto foi envasado em potes plásticos, selado em seladora manual e devidamente rotulado. As amostras permaneceram armazenadas sob refrigeração (4 ± 1 °C) até a realização da análise sensorial.

2.2. ANÁLISE SENSORIAL

2.2.1. ESCALA HEDÔNICA

Foi feita a avaliação da aceitação por escala hedônica facial de 7 pontos dos atributos de cor, aroma, textura e sabor. A escala empregada é mostrada na Figura 1. Para a avaliação estatística, foram atribuídas notas de 1 a 7, as quais correspondem à opinião de "gostei muito" e "desgostei muito", respectivamente (Dutcosky, 2011; Nora, 2021).

Perguntas abertas, do tipo "o que você mais gostou" e "o que você menos gostou" nas amostras avaliadas foram feitas aos participantes. Com base nos dados obtidos em tais perguntas, foram construídas 2 nuvens de palavras de cada produto, com o objetivo de verificar o que mais chamou a atenção dos avaliadores em relação a pontos fortes e frágeis de cada tipo de creme de queijo.

2.2.2. ESTUDO DE MERCADO

Foi feito um estudo de mercado em relação a frequência de consumo e o preço do produto. Para avaliar a frequência de consumo, foram dadas as opções de consumo de 1 ou 2 vezes por semana, 3 ou 4 vezes por semana, 5 ou 6 vezes por semana ou todos os dias. Já em relação ao preço, foram dadas as opções de R$ 10,00 a R$ 20,00, R$ 30,00 e acima de R$ 30,00 a porção de 200 g do produto. Os resultados são expressos em frequência de resposta.

Figura 1. Escala hedônica empregada para os atributos cor, aroma, textura e sabor

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É essencialmente importante que no contexto de um desenvolvimento de produtos, além de diversas características, a aceitabilidade e preferência de produtos seja avaliada (Ruiz-Capillas et al., 2021). Nesse sentido, a figura 2 apresenta os resultados da avaliação sensorial realizada por escala hedônica dos atributos sensoriais de cor, aroma, textura e sabor dos cremes de queijo elaborados. Ao avaliar a figura, é possível verificar que de modo geral, o creme de queijo de provolone e fontina apresentaram melhores resultados para os atributos sensoriais avaliados quando comparado aos demais, no entanto, os demais cremes de queijo (minas frescal e gouda) também apresentaram uma boa aceitação.

Ao avaliar cada atributo separadamente, quanto à cor, apresentaram melhores resultados os queijos provolone e gouda, uma vez que quanto menor o valor da escala, mais vezes a opção "gostei muitíssimo" foi aplicada. Sendo o creme de queijo de gouda o que apresentou a menor pontuação, logo, o mais preferido.

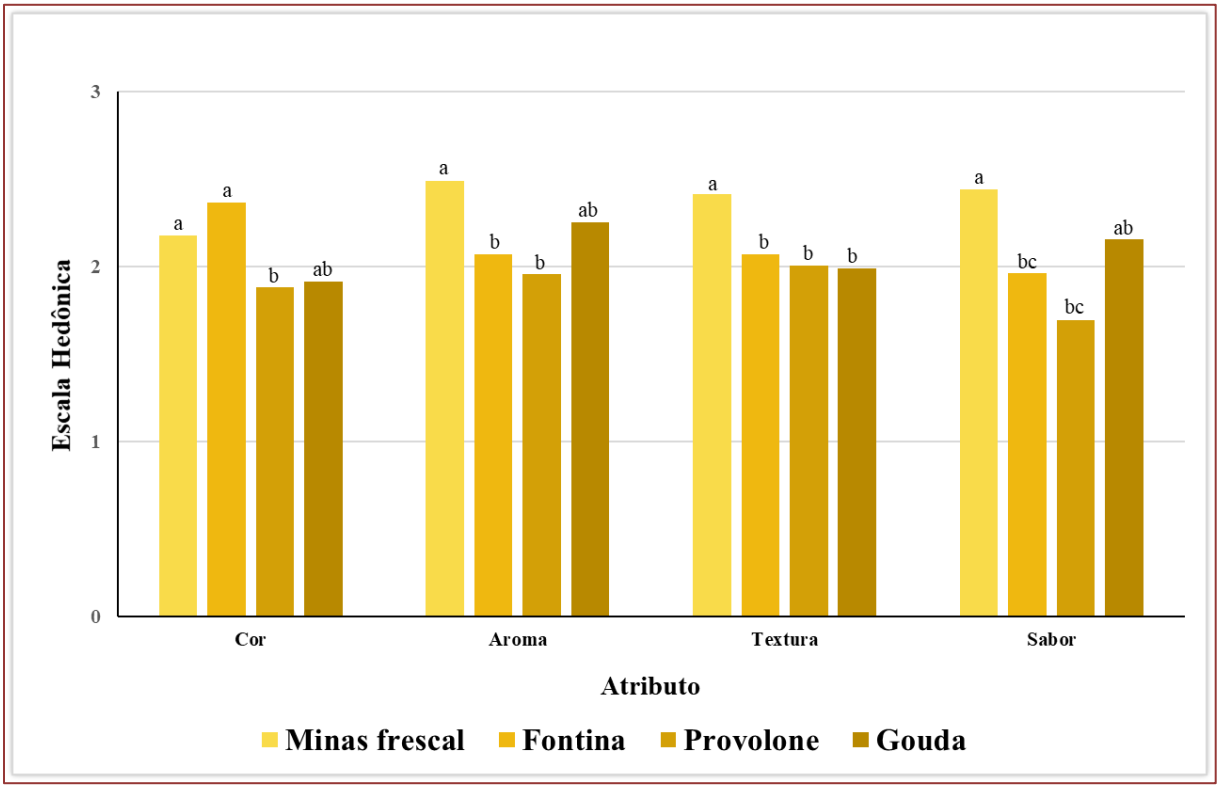
Ao avaliar o atributo aroma, os cremes de queijo provolone e fontina se destacaram juntamente, e com valores superiores (menos aceitos) para o creme de queijo de minas frescal e gouda. Para textura, apenas o queijo minas apresentou destaque, sendo o menos aceito, e os demais similares na avaliação com boa aceitação. Por fim, de forma similar ao atributo aroma, para sabor, o creme de queijo feito a base de minas frescal e gouda foram superiores em pontuação, enquanto os cremes de queijo de provolone e fontina apresentaram maior aceitação por possuírem menores pontuações.

É importante ressaltar que apesar de alguns cremes de queijo apresentarem avaliação superior, todos os cremes se mantiveram na escala de "gostei", significando que tiveram boa aceitabilidade por parte dos avaliadores, sem avaliações negativas quanto aos atributos avaliados, uma vez que as pontuações permaneceram entre 1 e 3, representando "gostei muitíssimo", "gostei muito" e "gostei".

Além disso, o conjunto desses resultados indicam que os cremes de queijo desenvolvidos tiveram a capacidade de atender as expectativas dos avaliadores nas variedades dos critérios sensoriais avaliados, reforçando a viabilidade de desenvolvimento desses produtos. Verifica-se que é possível expansão em maior escala, podendo vir a se destacar como um segmento no mercado de produtos lácteos, principalmente com destaque aos cremes de queijo de provolone e fontina.

Outros estudos também vêm avaliando de diferentes formas o desenvolvimento de cremes de queijo com distintas formulações, reforçando a viabilidade desse tipo de produto (Borges, 2019; Correia, 2020; Santos et al., 2020; Oliveira et al., 2024).

Figura 2. Avaliação sensorial por escala hedônica de atributos nos cremes de queijo



*escala empregada de 7 pontos, onde 1 corresponde a "gostei muitíssimo" e 7 a "desgostei muitíssimo".

O queijo minas frescal tem por característica, sabor levemente salgado e suave de ácido lático, fatores tais que podem ter levado a uma menor aceitabilidade entre os demais, por ser mais suave. Além disso, é um dos queijos mais produzidos no Brasil em função da sua fácil e rápida produção, alto rendimento e menor custo (Rocha et al., 2020). Já o Gouda, é oriundo da Holanda, apresenta sabor e textura suave, comumente com casca amarela, e formato cilíndrico achatado (Chen et al., 2024).

O queijo fontina tem por característica ser de origem italiana, passa por processo de maturação onde são desenvolvidas suas características sensoriais complexas pelos microrganismos e enzimas presentes (Pellegrino et al., 2021), tais propriedades podem ter levado a maior aceitabilidade do creme produzido a partir deste queijo. Da mesma forma, a maior aceitabilidade do provolone pode ser derivada de suas características,as quais podem ser desde a textura firme por se tratar de um queijo semiduro, coloração amarelada e o aroma e sabor de defumado. Predominantemente é encontrado em formato cilíndrico, com ausência de olhaduras, no Brasil, pode ser encontrado tanto fresco como curado e o sabor é característico de doce ao picante, além das propriedades oriundas da defumação clássica desse tipo de queijo (Gasparini et al., 2020).

Uma técnica que vem sendo utilizada na área de alimentos, é o emprego de nuvem de palavras que também pode ser chamada como “nuvens de tag”, que correspondem a uma técnica qualitativa, visual, para colocar em destaque algumas expressões de palavras que aparecem com maior e menor frequência diante de um determinado produto. Fatores determinantes são a ocorrência, bem como o tamanho de cada palavra que acabam por revelar a relevância de cada resultado específico, permitindo aos avaliadores perceberem de forma rápida o que se destaca para determinado alimento (Alderson et al., 2021).

Com isso, além da avaliação sensorial de aceitação, também foram realizadas perguntas abertas para conhecimento das expressões destaques tanto positivamente quanto negativamente de cada formulação, gerando a figura 3.

Em geral, em todos os cremes de queijo, as palavras mais citadas para “o que você mais gostou” foram “sabor” e “textura”, demonstrando dessa forma que esses atributos apresentaram maior relevância para uma aceitação positiva dos produtos. Na sequência, as expressões “aroma” e “cor” também aparecem, porém em menor frequência quando comparados a sabor e textura, sendo notadas, mas não como destaques.

Já para “o que você menos gostou”, os mesmos 4 termos foram os mais citados. No entanto, especificamente pode-se dizer que no creme de queijo de minas frescal foram expressos mais termos relacionados a textura e aroma. Para o queijo fontina, os comentários foram mais associados a cor e textura. Para o creme de queijo gouda, aroma e sabor foram os grandes pontos negativos. Logo, de maneira geral, os atributos determinantes de escolha - sabor e textura - também foram os que mais geraram rejeição, reforçando, portanto, sua importância na aceitação global.

Figura 3. Nuvem de palavras para as quatro formulações de creme de queijo

Os avaliadores foram solicitados a expressar palavras que demonstrassem atributos que "mais gostaram" e os que "menos gostaram". Nesse sentido, em relação ao creme de queijo de minas frescal, a expressão mais utilizada para "mais gostou" foi sabor (40,9%), seguido de textura (26,8%), aroma e cor empatados (6,3%). Em contrapartida, as expressões para "o que você menos gostou?" foram as mesmas de "mais gostou", no entanto as respectivas porcentagens foram textura (27,9%), sabor (24%), aroma (16,4%) e cor (6,7%). Esses valores são correspondentes a um total de 16 expressões para "mais gostou" e 25 para "menos gostou".

Quanto ao fontina, as expressões destaque para "o que você mais gostou" foram em um total de 18, com ordem do maior para a menor expressão citada em: sabor (53,8%), textura (18,2%), aroma (8,3%) e cor (4,5%). Da mesma forma para "menos gostou", repetiram-se as mesmas expressões mais citadas entre as 18, mas em ordem de relevância distintos, com valores de 25% para cor, 20,8% para textura, 14,6% para sabor e 13,5 para aroma. O sabor apresentou destaque como um aspecto positivo de avaliação, quando em contrapartida as demais expressões mais citadas foram mais avaliadas como "menos gostou" do que "mais gostou".

O total de expressões para "mais gostou" e "menos gostou" para o queijo provolone foram 19. Entre as 19 expressões, as mais citadas positivamente foram em ordem de citação: sabor (52,3%), textura (19,7%), aroma (7,6%) e cor (3,0%). Já as palavras negativas mais citadas em ordem foram: textura (23%), aroma (21,8%), sabor (19,5%) e cor (14,9%). De modo geral, apenas o sabor foi citado em maior número quanto a um aspecto positivo do que as demais expressões.

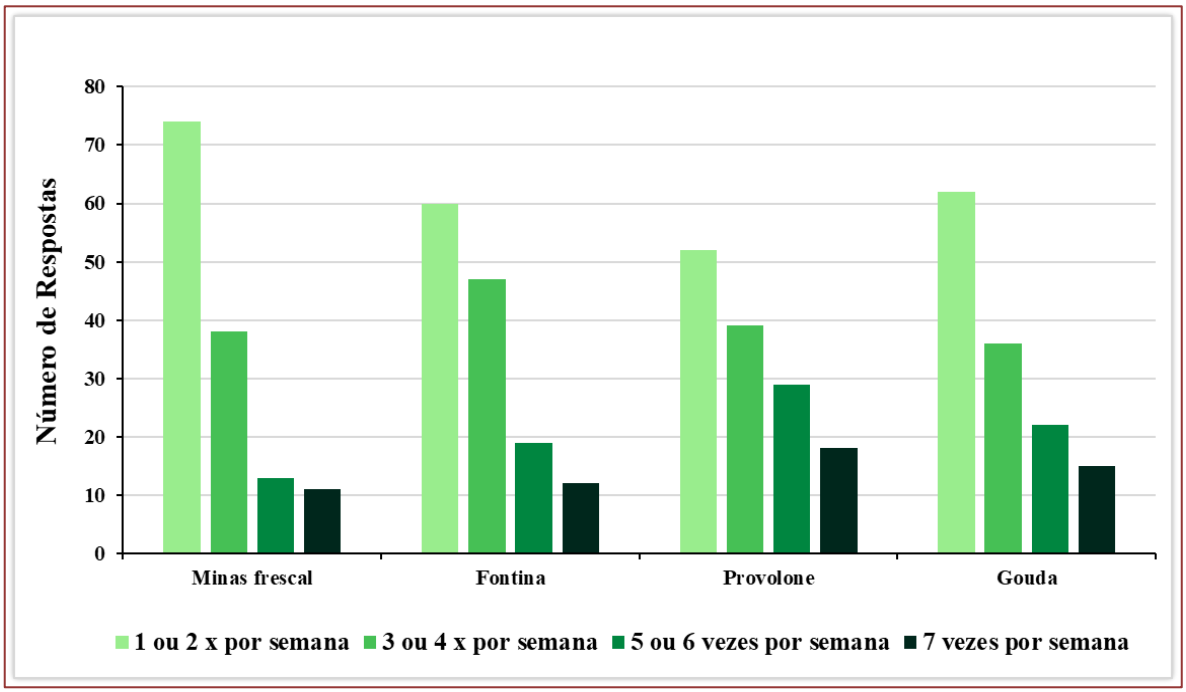
Por fim, quanto ao creme de queijo de gouda, foram citados respectivamente 26 e 20 expressões para o que "mais gostou" e "menos gostou". Das 26 expressões citadas, de "mais gostou", o sabor representou 32,6% das respostas, enquanto a textura 27,1% e aroma e cor 7,8%. Já os mesmos termos mais citados tiverem a seguinte ordem para "menos gostou": sabor (27,5%), textura (23,1%), aroma (18,7%) e cor (5,5%). Das expressões citadas, apenas o aroma teve mais expressões negativas do que positivas quando comparados.

Logo, essa avaliação auxilia no entendimento de quais características impactam mais no momento da escolha e preferência dos produtos, corroborando a avaliação da escala hedônica e principalmente destacando os pontos positivos do creme de queijo de provolone e fontina.

Outro fator de importância no desenvolvimento de produtos é a verificação da intenção de frequência de consumo. Quanto a essa avaliação, a figura 4 apresenta os resultados. Entre os cremes de queijo avaliados, o de provolone foi o que apresentou maior intenção de frequência de consumo quando verificada a frequência "7 vezes por semana", seguido do gouda, fontina e minas frescal. Já o de menor intenção de frequência de consumo foi o creme de queijo de queijo minas frescal "1 ou 2 x por semana", reforçando os dados obtidos na avaliação de aceitabilidade, em que o creme de queijo minas frescal foi o menos aceito entre eles.

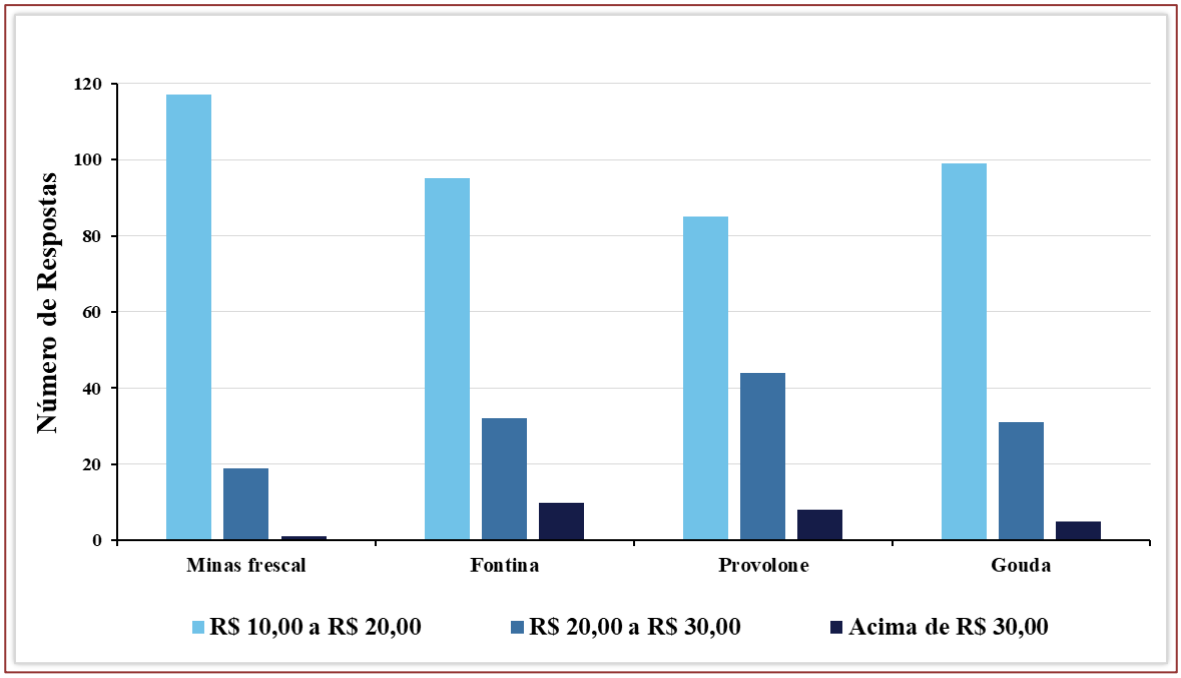
De maneira geral, as maiores frequências entre os cremes de queijo foram de "1 ou 2 x por semana" e "3 ou 4 x por semana". Esse resultado pode ser correspondente a uma questão de costume de consumo, já que se trata de um produto diferenciado entre os produtos lácteos normalmente consumidos.

Figura 4. Intenção de frequência de consumo em função dos diferentes tipos de creme de queijo



Na avaliação de opinião sobre precificação dos diferentes tipos de cremes de queijo desenvolvidos, a maior frequência de respostas para "R$ 10,00 a R$ 20,00" foi para o de minas frescal, seguido do gouda, fontina e provolone. Em contrapartida, valores "acima de R$" foram com maior número de respostas para fontina e provolone, seguido de gouda e por último para minas frescal. Valores intermediários sugeridos de R$ 20,00 a R$ 30,00" foram mais frequentes para provolone, fontina, gouda e minas, respectivamente (Figura 5).

Figura 5. Opinião sobre precificação dos diferentes tipos de creme de queijo



Com base no exposto acima, é possível verificar que referente aos valores, o creme de queijo minas, para todas as precificações, foi o que apresentou frequências menores para valores mais altos, e frequência maior para valores mais baixos. Novamente, esse resultado confira que os consumidores "pagariam" menos também pelo creme de queijo menos preferido. Assim como, pagariam mais pelos cremes mais aceitos, como provolone e fontina.

4. CONCLUSÃO

As formulações de creme de queijo elaboradas a partir de minas frescal, fontina, provolone e gouda apresentaram boa aceitação em relação aos atributos sensoriais avaliados (sabor, textura, cor e aroma). Entre elas, destacaram-se as formulações de fontina e provolone, possivelmente em função de suas características sensoriais específicas, enquanto a de minas frescal obteve menor aceitação. Os atributos sensoriais analisados foram frequentemente mencionados tanto em aspectos positivos quanto negativos nas respostas abertas, evidenciando sua relevância para a avaliação desse tipo de produto. Os resultados de intenção de consumo e disposição a pagar corroboraram esses achados, indicando maior preferência pelos cremes de queijo provolone, fontina, gouda e, por último, minas frescal. Apesar da menor aceitação relativa do creme de queijo de minas frescal, todas as formulações apresentaram desempenho satisfatório, confirmando o potencial dos cremes de queijo para desenvolvimento e inserção no mercado. Esses resultados indicam ainda a necessidade de estudos adicionais que aprofundem a caracterização e ampliem o conhecimento sobre esse segmento de produtos.

REFERÊNCIAS

[1] ALDERSON, H.; LIU, C.; MEHTA, A.; GALA, H. S.; MAZIVE, N. R.; CHEN, Y.; ZHANG, Y.; WANG, S.; SERVENTI, L. Sensory profile of kombucha brewed with New Zealand ingredients by focus group and word clouds. Fermentation, v. 7, n. 3, p. 100, 2021.

[2] BORGES, W. F. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, agosto de 2019. Perfil físico-químico de creme de leite e derivados obtidos dos soros de queijo mussarela e prato. Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.

[3] BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 1952. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-30691-29-marco-1952-339586-publicacaooriginal-1-pe.html. Acesso em: 21 ago. 2025.

[4] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Fixa a identidade e os requisitos mínimos de qualidade que deverão possuir os queijos, com exceção dos queijos fundidos, ralados, em pó e requeijão. Disponível em: https://www.agais.com/normas/leite/queijos.htm#:~:text=PORTARIA%20N%C2%BA%20146%20DE%2007%20DE%20MAR%C3%87O%20DE%201996.&text=Considerando%20a%20necessidade%20de%20Padroniza%C3%A7%C3%A3o,Art.. Acesso em: 21 ago. 2025.

[5] BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do queijo Minas Frescal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 set. 1997. Disponível em: https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-352-de-04-09-1997%2C644.html. Acesso em: 21 ago. 2025.

[6] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA/MAPA nº 71, de 24 de julho de 2020. Altera a Instrução Normativa SDA/MAPA nº 71, de 24 de julho de 2020, que aprova o Regulamento Técnico que fixa a identidade e os requisitos de qualidade que deve atender o queijo cremoso ou cream cheese. Disponível em: https://anatellegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=POR&numeroAto=00000791&seqAto=000&valorAno=2023&orgao=SDA/MAPA&cod_modulo=502&cod_menu=10661. Acesso em: 21 ago. 2025.

[7] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 71, de 24 de julho de 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o produto denominado cream cheese. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 jul. 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-71-de-24-de-julho-de-2020-269156245. Acesso em: 21 ago. 2025.

[8] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 73, de 24 de julho de 2020. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do queijo provolone. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 jul. 2020. Disponível em:<https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_73-2020_rt_queijo_provolone.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2025.

[9] CECATTO, A. P.; ARNHOLD, A. R. Perspectiva sensorial de uma nova formulação de requeijão cremoso: um estudo de caso. Revista Ibero-Americana de Tecnologia Posto-Colheita, v. 11, e41511225869, 2022.

[10] CHEN, C.; TIAN, T.; YU, H.; YUAN, H.; WANG, B.; XU, Z.; TIAN, H. Aroma-sensory properties of Gouda cheeses based on young Chinese consumers' preferences. J Dairy Sci. 2024 Jul;107(7):4333-4343. doi: 10.3168/jds.2023-23525. Epub 2023 Dec 14. PMID: 38101743.

[11] CORREIA, V.T.V. Caracterização tecnológica e sensorial de cremes de queijo adicionados de farinhas irradiada ou extrusada de sorgo. Dissertação. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36216 Acesso em: 22 de agosto de 2025.

[12] DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 3. ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

[13] FOGUEL, A.; RACT, J. N. R.; SILVA, R. C. da. Sensory characterization of commercial cream cheese by the consumer using check-all-that-apply questions. Journal of Sensory Studies, v. 36, e12658, 2021.

[14] FREITAS, D. R.; KAMIMURA, E. S.; MAZALLI, M. R. Artisanal cream cheese fermented with kefir

grains. Fermentation, v. 10, n. 8, p. 420, 2024.

[15] GASPARINI, G.B.F.B.; AMORIM, F.R.; DE SOUZA, S.C.; BRUZAROSKI, S.R.; FAGNANI, R.; DE SOUZA, C.H.B.; DAMIÃO, B.C.M.; DE SANTANA, E.H.W. Psychrotrophs in raw milk: effect on texture, proteolysis index, and sensory evaluation of smoked provolone cheese. J Sci Food Agric. 2020 Jun;100(8):3291-3296. doi: 10.1002/jsfa.10329. Epub 2020 Mar 18. PMID: 32048297.

[16] GIESTEIRA, L. F.; CALIARI, T.; ORSOLIN-TEIXEIRA, F. Política industrial no Brasil: evidências empíricas em um contexto de mudanças estruturais (2007-2020). Revista de Economia Política, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 502-523, jul./set. 2024.

[17] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694620303186 - Cream cheese: Historical, manufacturing, and physico-chemical aspects

[18] MCGEE, H. Comida & cozinha: ciência e cultura da culinária. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2014. 977 p.

[19] MONTEIRO, R. P.; MATTA, V. M. da (Ed.). Queijo Minas artesanal: valorizando a agroindústria familiar. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1110185&biblioteca=vazio&busca=queijo%20minas%20artesanal%20valorizando%20a%20agroindustria%20familiar&qFacets=queijo%20minas%20artesanal%20valorizando%20a%20agroindustria%20familiar&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1. Acesso em: 21 ago. 2025.

[20] NORA, F. M. D. Análise sensorial clássica [livro eletrônico]: fundamentos e métodos. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021. Disponível em: https://meridapublishers.com/l11analise/l11analise.pdf#page=63. Acesso em: 21 ago. 2023.

[21] OLIVEIRA, S. M. S.; ZUMBA, F. M.; MATSUI, K. N.; ABREU, C. A. C. Inovação e valorização do queijo artesanal: creme de queijo de manteiga. Revista Observatorio de la Economia Latinoamericana, v. 22, p. 1-33, 2024.

[22] ONG, L.; PAX, A. P.; ONG, A.; VONGSVIVUT, J.; TOBIN, M. J.; KENTISH, S. E.; GRAS, S. L. The effect of pH on the fat and protein within cream cheese and their influence on textural and rheological properties. Food Chemistry, v. 332, p. 127327, 2020.

[23] PELLEGRINO, L.; HOGENBOOM, J. A.; ROSI, V.; & D'INCECCO, P. Evaluating the Authenticity of the Raw-Milk Cheese Fontina (PDO) with Respect to Similar Cheeses. Foods, 10(2), 350, 2021. https://doi.org/10.3390/foods10020350

[24] ROCHA, R.; CALVALCANTI, R.; SILVA, R.; GUIMARÃES, J.; FASURA BALTHAZAR, C.; PIMENTEL, T.; ESMERINO, E.; FREITAS, M.; GRANATO, D.; COSTA, R.; SILVA, M. Consumer acceptance and sensory drivers of liking of Minas Frescal Minas cheese manufactured using milk subjected to ohmic heating: performance of machine learning methods. LWT, v. 126, p. 109342, 2020.

[25] RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M. Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. Foods, 10(3), 582, 2021. https://doi.org/10.3390/foods10030582

[26] SANTOS, L.; FERREIRA, I.; SILVA, A.; CARVALHO, M. Processamento e caracterização de creme de queijo coalho com óleo de peixe. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde. 15. e45097, 2020.

[27] WU, Q.; ONG, L.; YAO, S.; KENTISH, E. S.; GRAS, S. L. Effect of ultrafiltered milk on the rheological and microstructure properties of cream cheese acid gels. Food and Bioprocess Technology, v. 16, p. 1728-1745, 2023.

Capítulo 16

Como superar os desafios na construção de uma cultura de segurança dos alimentos nos laticínios?

Patrícia Arruda Scheffer
Matheus Abraão Piovesan Pedroso
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

Resumo: A implementação da cultura de segurança dos alimentos nas indústrias de derivados lácteos enfrenta desafios multifacetados. A complexidade da cadeia produtiva, que abrange desde a coleta do leite até o processamento final, exige uma gestão rigorosa para garantir a segurança dos alimentos. A variação natural do leite e os processos produtivos complexos impõem desafios constantes ao controle de qualidade. Além disso, as exigências regulamentares, tanto nacionais quanto internacionais, impõem barreiras significativas, exigindo investimentos substanciais em treinamento e monitoramento contínuo para assegurar a conformidade com as normas. A gestão de riscos, a rastreabilidade dos produtos, a educação contínua dos colaboradores e a comunicação eficiente dentro da organização são essenciais para fortalecer a cultura da segurança dos alimentos. A adoção de tecnologias inovadoras também representa um desafio, com a necessidade de adaptações e investimentos. Para superar esses obstáculos, é necessário adotar uma abordagem holística que combine tecnologia, treinamento, conformidade regulatória e uma cultura organizacional comprometida com a segurança dos alimentos.

Palavras chave: segurança dos alimentos, lácteos, indústria, boas práticas, manipuladores.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o *Codex Alimentarius* (1969), a segurança dos alimentos refere-se à garantia de que os alimentos não causarão efeitos adversos à saúde do consumidor, quando preparados e consumidos conforme sua finalidade. As doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) representam uma das principais causas de morbilidade e mortalidade em todo o mundo. Além disso, os surtos de doenças de origem alimentar podem impactar negativamente o desenvolvimento socioeconômico das regiões afetadas.

A cadeia do leite desempenha um papel crucial na subsistência de milhões de pessoas ao redor do mundo, sendo uma fonte primária de nutrientes essenciais, como proteínas, lipídios, vitaminas e minerais, que são indispensáveis para a saúde humana (Pereira, 2014). O leite é amplamente consumido diariamente em diversas formas, como leite fluido (pasteurizado/esterilizado) e seus derivados (queijos, bebidas fermentadas, etc.), destacando-se como um alimento funcional de grande relevância nutricional. O aumento global na produção e consumo de produtos lácteos reflete a importância do leite cru como matéria-prima central, cuja qualidade é determinante para a segurança e excelência dos produtos lácteos (Kramer et al., 2020). No entanto, a indústria láctea enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito à contaminação microbiana ao longo de toda a cadeia de valor. Nagpal et al. (2012) observaram que, apesar do avanço na adoção de tecnologias de processamento, a deterioração microbiana do leite ainda causa perdas substanciais e afeta a qualidade dos produtos finais. Além disso, surtos de doenças transmitidas por alimentos associadas ao consumo de leite e derivados lácteos têm sido registrados globalmente, com a presença de patógenos como *Salmonella*, *Campylobacter spp*., *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* produtor de enterotoxina, de acordo com estudos de Ntuli et al. (2023).

Vale ressaltar que as boas práticas de fabricação (BPF), são requeridas pelas Portarias n° 326 do Ministério da Saúde e n° 368 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que atestam a relevância da segurança alimentar na indústria de laticínios e seus derivados (Gonçalves, 2023). As BPF's são de extrema importância para estabelecer as orientações e prestação de serviços de forma eficiente para alcance do padrão de identidade e qualidade de produtos ou serviços na área de alimentos (Brasil,1997). Sendo assim, administrar a segurança do alimento na indústria de lácteos exige uma abordagem proativa e fundamentada no risco. Mesmo nos países em desenvolvimento, onde predominam as cadeias de valor informais (*foodtrucks*, trailers, etc.), é essencial aplicar princípios de boas práticas de higiene e BPF, conjuntamente com a identificação e gestão de fontes potenciais de contaminação (Zanin, 2022). Desta forma, a segurança do alimento emerge como uma prioridade imperativa em empresas relacionadas à alimentação, não somente por exigências normativas, mas também como uma estratégia vital para manter a competitividade no mercado (Marconi et al., 2023).

2. CULTURA DE SEGURANÇA DOS ALIMENTOS (CSA) NO BRASIL

No Brasil, o tema vem sendo cada vez mais pesquisado (Andrade et al., 2020; Zanin, 2022). Um estudo realizado na região metropolitana de São Paulo, com 32 serviços de alimentação (S.A.) investigou os elementos da cultura de segurança dos alimentos (CSA), que vão desde aspectos relacionados à liderança corporativa, até mesmo o comprometimento dos manipuladores de alimentos com a segurança (Andrade et al., 2020). Nota-se um olhar muito coercitivo entre as ações das Boas Práticas (BP) e a cultura de segurança dos alimentos. Principalmente, quando os itens mais falhos são justamente

os relacionados às BPF, como controle de temperatura e ausência de higienização das mãos (Andrade et al., 2020).

O estudo realizado por Zanin e colaboradores (2017), demonstra a importância da formação dos empresários líderes nas empresas na segurança dos alimentos, porém sua praticabilidade depende da sua atitude. Empresários que possuem um olhar para a segurança dos alimentos, investindo na qualificação dos seus colaboradores, tendem a promover mudanças nos seus estabelecimentos (Andrade et al., 2020). Outro ponto muito importante de discutir-se é referente aos conhecimentos, atitudes e práticas dos manipuladores e sua eficácia na formação da segurança dos alimentos (Zanin et al., 2017). Vale ressaltar que a legislação brasileira exige a capacitação dos manipuladores de alimentos e a formação de um responsável técnico (RDC 272/2002). Todavia, nem sempre o que foi visto na formação é realizado no cotidiano dentro das indústrias.

3. DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA CULTURA DE SEGURANÇA DOS ALIMENTOS NAS INDÚSTRIAS DE DERIVADOS LÁCTEOS

A definição de cultura de segurança dos alimentos (CSA), neste contexto, é influenciada pelos conceitos referentes à cultura nacional e organizacional, objetivando a criação e implementação do sistema de gestão de segurança dos alimentos (Bergolin et al., 2021). Sendo assim Coriel e colaboradores (2001) pontuam que a cultura pode ser descrita como um conjunto de pensamentos e comportamentos que se assemelham, tendo como característica principal o potencial de ser introduzida e permanecer latente. No que se refere à cultura organizacional, Schein (2004) evidencia que esta se trata do resultado de um conjunto de aprendizagens desenvolvidas em situações intensas, objetivando a resolução dos problemas com êxito.

Portanto, a CSA é partilhada dentro de um grupo, incorporando aspectos individuais, a exemplo da situação de quando um novo colaborador é admitido, apesar de suas crenças sobre segurança dos alimentos serem divergentes, é possível que este se adapte e incorpore as práticas do novo local de trabalho (Griffith, 2022).

A missão, os valores e demais conceitos ligados a ética da empresa, bem como os interesses dos gestores para com as questões relacionadas à segurança de alimentos refletem diretamente na criação e consolidação da CSA, partindo do pressuposto que, desde o gestor do maior escalão até os operários, estão envolvidos nesta articulação (Matukuma, 2021). Vale ressaltar que os líderes intermediários são peças chave neste mecanismo, pois estes estão em contato direto com as duas esferas e necessitam desenvolver e cultivar um bom relacionamento interpessoal, metodologias de comunicação efetiva e poder de influenciar os demais (Yiannas, 2014).

Exposições da empresa em mídias sociais e interdições por falhas das boas práticas de manipulação e higiene dos alimentos, acabam criando um clima de incertezas e geram o interesse da empresa pela implementação da CSA, uma vez que esse interesse raramente é espontâneo. Além, é claro, da busca de certificações reconhecidas pelo GFSI (*Global Food Safety Initiative*), ou exigências por parte dos seus clientes (Dias, 2015).

Tendo em vista que os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à aparência dos alimentos, qualidade nutricional, sanitária e sensorial, é inevitável a necessidade de tentar atender essa demanda por meio do controle de qualidade desde a origem dos alimentos até o produto acabado. Sendo assim, para garantir a segurança dos

alimentos é necessário um consenso entre as regulamentações atuais e os padrões de identidade e qualidade (Rauta; Paetzold; Wink, 2017).

Sabe-se que a cadeia produtiva do leite é formada por elos, e o primeiro inicia já no fornecedor de insumos, os quais são responsáveis por fornecer máquinas, equipamentos e insumos necessários para a produção de leite. O segundo elo é o produtor, responsável pela produção de uma matéria-prima de qualidade, através de controle de sanidade, alimentação e genética dos animais. E, em terceiro lugar, tem-se a indústria, responsável pelo beneficiamento do leite (Viana; Rinaldi, 2010).

Dentro da busca por maior transparência, através do conhecimento por parte do consumidor sobre a procedência e qualidade do produto e a fim de garantir a segurança dos alimentos, surge o conceito de rastreabilidade (Viana; Rinaldi, 2010). Segundo Chapaval e Alves (2008), a rastreabilidade é uma forma de facilitar a localização de problemas, reduzir perdas e estabelecer responsabilidades. O rastreamento do caminho percorrido pelo leite que está sendo consumido, desde a ordenha até o envase, permite identificar as etapas e fatores envolvidos, bem como ações corretivas para garantir a efetividade das BPF e direcionar o treinamento dos colaboradores (Viana; Rinaldi, 2010).

Aliado a isso tem-se também as BPF com a finalidade de garantir a segurança dos alimentos para o consumidor, evitando surtos de DTHA (Silva Xavier et al., 2020). Uma maneira de implementar as BPF nos ambientes de manipulação de alimentos tem sido, normalmente por meio de ferramenta de formação, através de explicações teóricas em conjunto com auxílios audiovisuais (Medeiros et al., 2011).

Por conseguinte, estudos têm mostrado que, esta ferramenta por vezes realizada nos serviços de alimentação, indústrias, não atinge os resultados pretendidos, uma vez que, não se traduzem em atitudes e práticas desejáveis (Andrade e al., 2020)

Desta forma, para realizar a capacitação e/ou a formação deve-se considerar a cultura de avaliação da segurança dos alimentos, conceituada como um fenômeno essencial que molda o comportamento da garantia da produção de alimentos seguros (Zanin et al., 2021). Griffith et al. (2014) enfatizam ainda que a união de atitudes, valores e crenças predominantes, aprendidas e compartilhadas são os fatores que delimitam os comportamentos de higiene realizados em locais de manipulação de alimentos.

Na indústria leiteira, o controle da produção e a saúde do rebanho, podem levar a avanços significativos na segurança do alimento, atrelados à nutrição, higiene alimentar, bem como, promover a saúde global, uma vez que, as DTHA são consideradas pela OMS como uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, especialmente nos países em desenvolvimento (*World Health Organization*, 2015).

Conforme descrito por Mazet et al. (2009) as doenças zoonóticas tem sua forma de transmissão dada de animais para os seres humanos. Os microrganismos que causam estas doenças são, principalmente as bactérias como *Salmonella*, *E. coli*, *Listeri*a e *Campylobacte*r, as quais contribuem para a maior escala de DTHA, são eliminados no leite e fezes de bovinos e a contaminação se dá através de equipamentos utilizados ou da contaminação fecal.

Diante do exposto, implantar e avaliar a CSA em indústrias de derivados lácteos faz-se fundamental para o alcance do padrão de identidade e qualidade dos produtos lácteos.

Zanin et al. (2022), identificaram que ainda não existe um consenso ou padronização sobre os elementos para avaliar a CSA, no entanto, alguns foram enfatizados, são eles:

pessoas, comunicação, comprometimento, liderança, sistemas de gestão da segurança alimentar, risco e ambiente de trabalho. Concomitantemente, a recomendação primordial para melhorar a CSA dirigiu-se às pessoas, por meio do desenvolvimento de capacitação específica. Ainda, outros estudos mostram a avaliação da CSA a partir da abordagem de métodos mistos e triangulação (Nyarugwe, 2018).

Dessa forma, surge uma direção delimitada para introduzir a CSA na indústria de laticínios, onde cada elo é responsável pelo êxito da segurança do produto final.

4. CONCLUSÃO

Em síntese, para superar esses desafios, é essencial adotar uma abordagem holística que integre tecnologia, treinamento, conformidade regulatória e uma cultura organizacional voltada para a segurança dos alimentos. Para que a segurança dos alimentos seja verdadeiramente incorporada à cultura da empresa, é fundamental que todos os envolvidos atuem de maneira sincronizada. Esse processo demanda determinação, comprometimento e dedicação, de modo que o conhecimento adquirido se traduza em ações concretas que garantam alimentos seguros ao consumidor.

Apesar de ser um tema relativamente recente, a cultura da segurança dos alimentos é de extrema importância, e deve se tornar uma prática cotidiana dentro das empresas. Embora ainda existam poucas pesquisas específicas para cada setor, são esses estudos que possibilitarão a construção da resolução de problemas e facilitarão a compreensão dos processos e das ações dos atores envolvidos.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, M. L. et al., Food safety culture in food services with different degrees of risk for foodborne diseases in Brazil. **Food Control**, v. 112, p. 107-122. 2020. Disponível em: Food safety culture in food services with different degrees of risk for foodborne diseases in Brazil - ScienceDirect

[2] BERGOLIN, A. et al. Intermediate leadership in food safety management: strategies and skills for effective influence and communication. **Food Safety and Quality Journal**, v. 23, n. 1, p. 45-58, 2021. DOI: 10.1016/j.fsqj.2021.01.001.

[3] BRASIL. Portaria nº 368, de 4 de setembro de 1997. **Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de elaboração para estabelecimentos elaboradores/ industrializadores de alimentos.** Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: Portaria 368/1997 — Ministério da Agricultura e Pecuária (www.gov.br).

[4] CUSATO, S. et al., Food safety systems in a small dairy factory: Implementation, major challenges, and assessment of systems' performances. **Foodborne pathogens and disease**, v. 10, n. 1, p. 6-12, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1286

[5] CODEX ALIMENTARIUS. **GENERAL PRINCIPLES OF FOOD HYGIENE**. 1969. Disponível em: https://www.qsconsult.pt/post/codex-alimentarius-cxc-1-1969-general-principles-of-food-hygiene-nova-vers%C3%A3o-2020. Acesso em: 05 dez. 2023.

[6] COREIL J. et al. Social and Behavioral Foundations of Public Health: SAGE Publications; 2001. Disponível em: Social and Behavioral Foundations of Public Health - Google Livros

[7] CHAPAVAL, L.; ALVES, F. S. F. **Rastreabilidade na produção de leite de cabra: diferencial para um agronegócio sustentável**. EMBRAPA Caprinos, 2008. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/533940. Acesso em: 12 dez. 2023.

[8] DIAS, J. et al., Cultura de Segurança de Alimentos ("Um valor que vem de cima! "). **Food Safety Brasil** - Fator RH, 2015. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/cultura-de-seguranca-de-alimentos-um-vlor-que- vem-de-cima/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

[9] GONÇALVES, J. D. (2023). **Regulatory building requirements for food business in Brazil**. In Hygienic Design of Food Factories (pp. 141-153). Woodhead Publishing. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822618-6.00015-0

[10] GRIFFITH C.J. **Developing and Maintaining a Positive Food Safety Culture**. Doncaster.: Highfield.co.uk.; 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315757610_Developing_and_Maintaining_a_Positive_Food_Safety_Culture

[11] GRIFFITH, C. J. et al. Food safety communication and leadership practices: an analysis of competencies needed to influence behaviors in workplace environments. **International Journal of Food Safety**, v. 28, n. 3, p. 210-225, 2022. DOI: 10.1016/j.ijfs.2022.03.004.

[12] KRAMER, M. M. et al. Global dairy production: a systematic review of the dairy industry and its impact on global nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 5, p. 2747-2759, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-17683.

[13] MAZET J.A.K. *et al.* Uma abordagem "One Health" para abordar zoonoses emergentes: o projeto HALI na Tanzânia. **PLoS Med.**, v. 6, n. 1, 2009, Artigo e1000190. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/biodiverso/article/view/124398

[14] MATUKUMA, C.A. **Refinamento e aplicação de instrumento de caracterização de Cultura de Segurança de Alimentos**. 2021. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-07052021-115203/publico/Cristiane_Aparecida_Matukuma_original.pdf> Acesso em: 10 dez. 2023.

[15] MARCONI F. et al. Food safety culture in food companies: evaluation of the perception of food safety culture in three Tuscan food companies. **Italian Journal of Food Safety**, v. 12, n. 1, 2023. Disponível em: Cultura de segurança alimentar em empresas de alimentos: avaliação da percepção da cultura de segurança alimentar em três empresas de alimentos da Toscana - PMC (nih.gov)

[16] MEDEIROS C. et al. Avaliação das estratégias metodológicas adotadas por programas de treinamento em segurança alimentar para trabalhadores de serviços de alimentação: uma revisão sistemática. **Food Control**, v. 22, n. 8, p. 1136-1144, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.02.008

[17] NAGPAL R. et al. Milk, milk products, and disease free health: an updated overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, n. 4, p. 321-333, 2012.

[18] NTULI V. et al. **Dairy production: Microbial safety of raw milk and processed milk products**. In: Present knowledge in food safety. 2023, p. 439-454. Academic Press.

[19] NYARUGWE S.P. et al. **Food safety culture assessment using a comprehensive mixed-methods approach**: A comparative study in dairy processing organisations in an emerging economy. **Food Control**, v. 84, p.186-196, 2018.

[20] Pereira P. C. Milk nutritional composition and its role in human health. **Nutrition**, v. 30, n. 6, p. 619-627, 2014.

[21] RAUTA J., PAETZOLD L.J., WINCK, C.A. Rastreabilidade na cadeia produtiva do leite como vantagem competitiva. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá/PR**. v. 10, n. 2, p. 459-474, 2017. Disponível em: https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3798

[22] SILVA XAVIER, C.G. et al. Fiscalização sanitária de alimentos em Teresina, PI/sanitary food inspection in Teresina, PI. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 2142-2154, 2020. Disponível em: 288213438.pdf (core.ac.uk)

[23] VIANA G., RINALDI R.N. Principais fatores que influenciam o desempenho da cadeia produtiva de leite - Um estudo Com Os Produtores De Leite Do Município De Laranjeiras Do Sul-PR. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras/MG. v. 12, n. 2, p. 263-274, 2010.

[24] ZANIN L.M. et al. Knowledge, attitudes and practices of food handlers in food safety: An integrative review. **Food Research International**, v. 100, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.042

[25] ZANIN L. M. A roadmap for developing educational actions using food safety culture assessment–a

case of an institutional food service. **Food Research International**, v. 155, p. 111064, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111064

[26] SCHEIN, E. H. **Organizational Culture and Leadership**: Wiley; 2004.

[27] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Estimativas da OMS sobre a carga global de doenças transmitidas por alimentos: Grupo de referência em epidemiologia da carga de doenças transmitidas por alimentos 2007–2015.** Disponível em:

[28] PRINT-1347-OMS-FOS-FERGreport-20160408.indd (who.int)

[29] YIANNAS, F. A importância da liderança intermediária na gestão da segurança alimentar: um estudo sobre práticas eficazes de comunicação e influência. **Journal of Food Safety Management**, v. 12, n. 2, p. 89-97, 2014. DOI: 10.1234/jfsm.2014.0567.

Capítulo 17

Segurança de alimentos: garantindo a segurança alimentar do campo à mesa

Zulene Lima de Oliveira
Francisca Jussandra Alves Vieira
Rhaira Rodrigues Dalla
André Lucas de Souza Lopes
Letícia Souza de Oliveira Rêgo
João Bosco Cavalcante da Silva Segundo
Lorena Pereira Ferreira
Inaê Ferreira Pinto
Flávia Karoline Souza da Silva
Joellington Marinho de Almeida

Resumo: O presente estudo aborda a segurança de alimentos sob a perspectiva da cadeia produtiva "do campo à mesa", tendo por objetivo analisar as práticas, os riscos e as estratégias de aplicadas para se obter um alimento seguro. Com base em uma metodologia qualitativa e descritiva, foram realizadas revisão bibliográfica, análise normativa e observações de modo a identificar fatores críticos e propor recomendações integradas para a gestão da inocuidade de um alimento do processo ao consumo. Os resultados evidenciam que as pesquisas científicas sobre o tema se concentram majoritariamente em aspectos comportamentais e procedimentais, com destaque para as boas práticas de fabricação, a manipulação segura e a educação sanitária dos profissionais envolvidos nas etapas de processo, como responsáveis de garantia de obtenção de um produto seguro e que almeja a segurança alimentar. A análise das bases de dados também revelou a transversalidade da temática, que articula saberes da nutrição, microbiologia, engenharia de alimentos e saúde pública. Conclui-se que a segurança de alimentos depende da integração entre atores, políticas e práticas educativas, sendo um compromisso coletivo que envolve produtores, indústrias, fiscalizadores e consumidores.

Palavras-chave: Boas Práticas de Fabricação; Higiene; Manipuladores de Alimentos; Segurança de Alimentos; Sustentabilidade Alimentar.

1 INTRODUÇÃO

A segurança de alimentos constitui um dos pilares fundamentais para a saúde pública e o desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas agrícolas e alimentares. Trata-se de um conjunto de práticas, normas e sistemas voltados à garantia de que os alimentos sejam produzidos, processados, transportados e consumidos livres de contaminações físicas, químicas e biológicas. Ao longo da cadeia "do campo à mesa", diversos fatores, ambientais, tecnológicos e humanos, influenciam diretamente a qualidade e a inocuidade dos produtos oferecidos à população (FAO, 2019; WHO, 2022).

No contexto agrícola, a segurança de alimentos começa no manejo responsável do solo, da água e dos insumos agrícolas. O uso inadequado de agrotóxicos, fertilizantes ou água contaminada pode introduzir resíduos e patógenos ainda na fase de produção primária (Codex Alimentarius, 2025). A adoção de Boas Práticas Agrícolas (BPA) e de programas de rastreabilidade torna-se, portanto, essencial para assegurar que cada etapa da produção esteja em conformidade com as normas sanitárias e ambientais (Brasil, 2002).

Durante o processamento industrial e o transporte, a aplicação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e de sistemas de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC/HACCP) é determinante para prevenir contaminações cruzadas e garantir a estabilidade microbiológica dos alimentos. As condições de higiene dos equipamentos, a qualificação dos manipuladores e o controle de temperatura são fatores que influenciam diretamente a segurança e a vida útil dos produtos (Brasil, 2002; Feitosa; Andrade, 2022; Varzakas; Smaoui, 2024).

Nos estabelecimentos comerciais e de alimentação fora do lar, a segurança de alimentos assume papel igualmente estratégico. Restaurantes, lanchonetes e refeitórios institucionais devem cumprir rigorosamente as normas de higiene e manipulação, uma vez que falhas nessa etapa final do processo podem anular todos os esforços aplicados ao longo da cadeia produtiva. A capacitação contínua dos manipuladores e o monitoramento sanitário são práticas imprescindíveis (Trienekens; Zuurbieri, 2008; Cunha *et al*., 2018).

Do ponto de vista do consumidor, a segurança alimentar também depende da conscientização sobre boas práticas domésticas de armazenamento, manipulação e preparo (Yosef *et al*., 2025). A forma como os alimentos são higienizados, cozidos e conservados pode reduzir significativamente o risco de doenças veiculadas por alimentos (DVAs). Programas de educação alimentar e campanhas públicas contribuem para fortalecer o elo final dessa cadeia (Figueroa-Gómez *et al*., 2024).

Por fim, a integração entre produtores, indústrias, órgãos de fiscalização e consumidores é essencial para consolidar um sistema alimentar seguro e sustentável. A segurança de alimentos, nesse sentido, não é apenas um requisito técnico, mas um compromisso coletivo com a saúde, o meio ambiente e a confiança social nas relações de consumo. Garantir alimentos seguros "do campo à mesa" é assegurar a qualidade de vida e a soberania alimentar das gerações presentes e futuras.

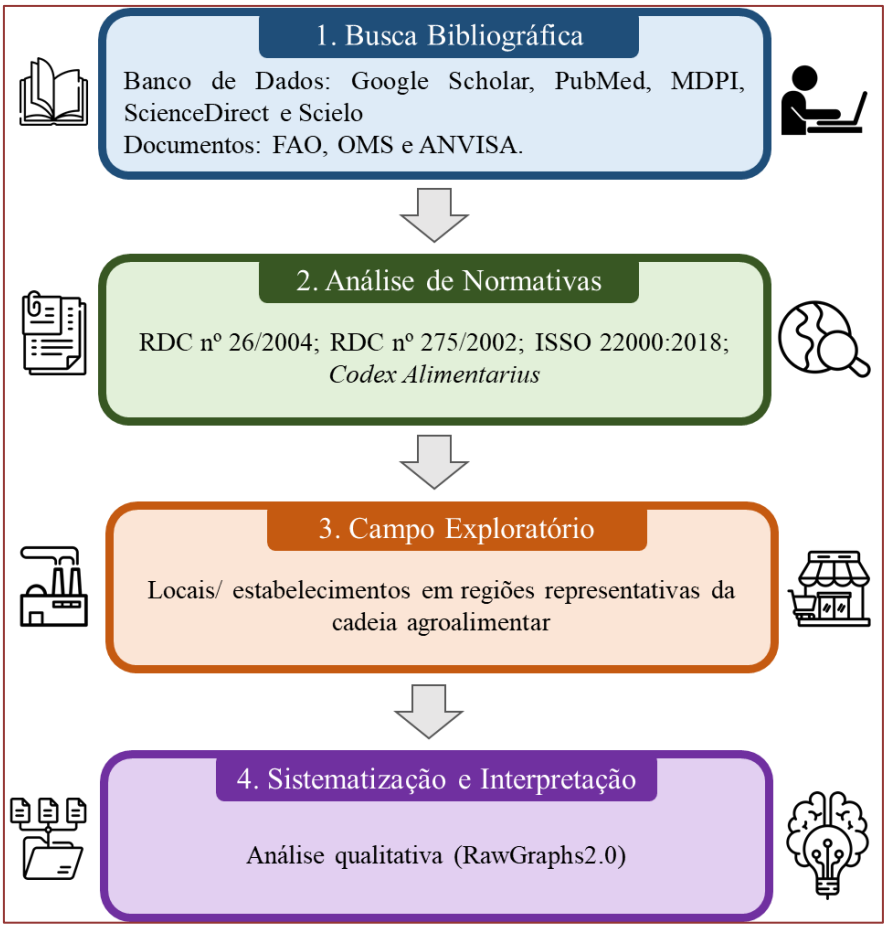
2 METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa e descritiva, com o objetivo de analisar os principais fatores que influenciam a segurança de alimentos ao longo de toda a cadeia produtiva. A pesquisa buscou identificar práticas, riscos e estratégias de controle aplicadas nas etapas de cultivo, processamento, transporte, comercialização e preparo

dos alimentos, enfatizando a integração entre as dimensões sanitária, ambiental e socioeconômica.

A metodologia foi estruturada em quatro etapas principais (adaptada de Carvalho *et al.*, 2015): (1) levantamento bibliográfico, (2) análise documental e normativa, (3) estudo de campo exploratório e (4) sistematização e interpretação dos dados, como demonstrado no Fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma representando as quatro etapas do estudo: (1) busca bibliográfica em bases de dados científicas e documentos institucionais; (2) análise das normativas e legislações vigentes; (3) realização do campo exploratório em diferentes elos da cadeia agroalimentar; e (4) sistematização e interpretação qualitativa dos dados obtidos.



Fonte: Autores.

Na primeira etapa, realizou-se um levantamento bibliográfico em bases científicas como Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, MDPI, Springer e Scielo, utilizando os descritores "segurança de alimentos", "boas práticas agrícolas", "higiene alimentar", "APPCC", "manipulação de alimentos" e "cadeia produtiva do alimento". Foram selecionadas publicações dos últimos dez anos, priorizando artigos científicos, relatórios institucionais e documentos técnicos da FAO, OMS e ANVISA que abordassem riscos e boas práticas na produção e manipulação de alimentos.

Na segunda etapa, procedeu-se à análise de legislações e normas vigentes relacionadas à segurança de alimentos, incluindo a RDC nº 216/2004 (ANVISA), a RDC nº 275/2002 (Boas Práticas de Fabricação), a ISO 22000:2018 (Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos) e o *Codex Alimentarius*. Essa análise visou compreender as exigências legais e técnicas aplicáveis às diferentes fases da cadeia produtiva, bem como suas inter-relações com as práticas sustentáveis e de rastreabilidade.

A terceira etapa consistiu em um estudo de campo exploratório, realizado em propriedades agrícolas e estabelecimentos de alimentação localizados em regiões representativas da cadeia agroalimentar. Nessa etapa, foram observadas as condições de produção, manipulação e armazenamento dos alimentos, além da aplicação de questionários a produtores, manipuladores e responsáveis técnicos. As observações buscaram identificar falhas, boas práticas e desafios relacionados ao cumprimento das normas sanitárias.

Por fim, na quarta etapa, os dados coletados foram sistematizados e analisados de forma qualitativa, adotando-se a técnica de análise de conteúdo. As informações foram categorizadas de acordo com os principais eixos temáticos: (i) práticas de manejo agrícola e controle de insumos; (ii) higienização e processamento industrial; (iii) transporte e armazenamento; e (iv) manipulação e consumo doméstico. Essa abordagem permitiu identificar os pontos críticos da cadeia e propor recomendações para aprimorar a segurança dos alimentos em uma perspectiva integrada “do campo à mesa”.

Essa metodologia, ao articular referências científicas, legislação e observação empírica, proporciona uma visão abrangente da segurança de alimentos como um processo contínuo e coletivo, em que cada etapa desempenha papel essencial na preservação da saúde pública e na sustentabilidade do sistema alimentar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa conceitual apresentado na Figura 2 permite visualizar de forma clara e hierárquica os eixos de análise e de intervenção propostos pela FAO (2023). Além disso, evidencia que a segurança alimentar e nutricional é um fenômeno complexo e multidimensional, exigindo cooperação internacional, inovação financeira e governança integrada para enfrentar os desafios persistentes da fome e da má nutrição em um cenário de incertezas globais. O diagrama sintetiza os principais eixos temáticos do documento, organizados em **seis** blocos analíticos que refletem os desafios contemporâneos da segurança alimentar e nutricional (SAN) em escala global.

Figura 2 – Estrutura temática do relatório da FAO sobre O *Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo.* O mapa conceitual apresenta a organização dos principais eixos abordados no relatório, destacando seis blocos analíticos: (1) Progresso e desafios em relação às metas do ODS 2; (2) Impulsionadores maiores e subjacentes, como conflitos, variabilidade climática e crises econômicas; (3) Financiamento para a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), incluindo conceitos e lacunas; (4) Níveis atuais de financiamento; (5) Catalisação de financiamento escalável e inclusivo; e (6) Reforma da arquitetura global de financiamento, com foco em coordenação, transparência e integração entre agendas humanitárias, climáticas e de desenvolvimento.

Fonte: FAO (2023).

O primeiro bloco, *Progresso e Desafios (ODS 2)*, aborda a trajetória mundial em direção ao cumprimento da meta de erradicação da fome até 2030, destacando a desaceleração dos avanços e o agravamento da insegurança alimentar em diversas regiões. Esse eixo enfatiza a necessidade de políticas públicas consistentes e investimentos estruturais que garantam sistemas alimentares resilientes e sustentáveis (Forsythe, 1996).

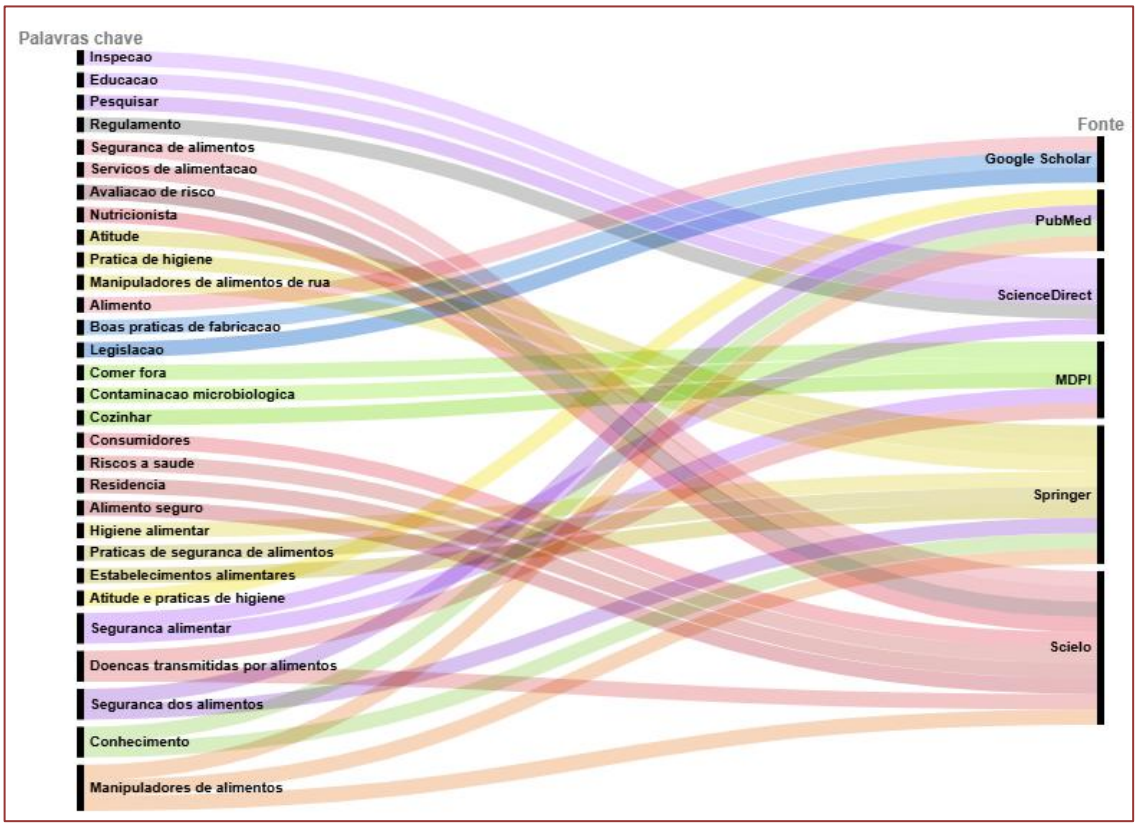
O segundo bloco, *Impulsionadores Maiores e Subjacentes*, contempla fatores determinantes que interferem na segurança alimentar, como conflitos armados**,** mudanças climáticas**,** instabilidade econômica e crises humanitárias. Esses elementos são reconhecidos pela FAO como causas sistêmicas que afetam tanto a produção quanto o acesso aos alimentos, reforçando a importância da abordagem integrada entre políticas agrícolas, ambientais e sociais.

O terceiro bloco, *Financiamento para a SAN, Conceitos e Lacunas*, discute os desafios no direcionamento e na efetividade dos investimentos destinados à segurança alimentar, com destaque para a necessidade de ampliar o acesso a recursos financeiros em países de baixa e média renda. Esse tópico é complementado pelo quarto bloco, *Níveis Atuais de Financiamento*, que apresenta um panorama comparativo dos fluxos de financiamento e evidencia a insuficiência de recursos frente à magnitude dos problemas enfrentados.

O quinto bloco, *Catalisar o Financiamento Escalável e Inclusivo*, propõe estratégias para a criação de mecanismos financeiros inovadores, capazes de apoiar pequenos produtores e fortalecer cadeias curtas de abastecimento. Entre as ações destacadas estão o incentivo a parcerias público-privadas e o aprimoramento da governança financeira para garantir maior equidade e transparência na destinação dos fundos (WHO, 2022).

Por fim, o sexto bloco, *Reforma da Arquitetura de Financiamento*, sugere uma revisão profunda da estrutura global de investimentos voltados à segurança alimentar, com foco em coordenação multilateral**,** transparência **e** integração entre agendas humanitárias, climáticas e de desenvolvimento. Essa proposta reflete a compreensão da FAO de que a superação da fome e da má nutrição exige não apenas recursos financeiros, mas também um redesenho institucional e político capaz de alinhar interesses globais e locais (FAO, 2019; FAO, 2023).

Figura 3 – O diagrama ilustra a distribuição dos temas mais recorrentes, como *boas práticas de fabricação, manipuladores de alimentos, contaminação microbiológica e doenças transmitidas por alimentos*, nas bases de dados Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, MDPI, Springer e Scielo. Observa-se a diversidade de enfoques entre as fontes, refletindo a amplitude interdisciplinar da temática "Segurança de Alimentos: do campo à mesa".



Fonte: Autores.

Os resultados mostram que os temas "Segurança de Alimentos", "Manipuladores de Alimentos", "Boas Práticas de Fabricação" e "Atitude e Práticas de Higiene" aparecem de forma recorrente em praticamente todas as bases. Isso reforça que a literatura científica converge em torno da importância das práticas higiênico-sanitárias e do comportamento humano como fatores críticos na prevenção de doenças veiculadas por alimentos (DVA) e na garantia da qualidade sanitária dos produtos (ANVISA, 2003; Ministério da Saúde, 2004).

Observa-se que a base PubMed concentra maior incidência de estudos voltados à contaminação microbiológica**,** risco à saúde e avaliação de práticas de higiene, refletindo seu perfil biomédico e epidemiológico. Por outro lado, ScienceDirect e Springer apresentam maior diversidade temática, incluindo pesquisas sobre legislação, gestão de serviços de alimentação e avaliação de risco, destacando a interface entre saúde pública, engenharia de alimentos e ciências sociais aplicadas.

A base MDPI, caracterizada pela ênfase em abordagens multidisciplinares e de acesso aberto, reúne trabalhos que articulam educação alimentar, sustentabilidade e boas práticas de fabricação, indicando uma tendência recente de integrar a segurança alimentar à sustentabilidade dos sistemas produtivos (Gargiulo *et al*., 2022). Já o Google Scholar apresenta o maior volume de conexões, refletindo seu caráter abrangente e agregador de diferentes áreas e níveis de publicação.

A Scielo, por sua vez, destaca-se como a principal fonte de estudos em português, com predominância de pesquisas voltadas ao contexto latino-americano, especialmente em temas relacionados à inspeção sanitária, serviços de alimentação e consumidores (Bolek, 2020; Brugeff *et al*., 2023). Isso demonstra o fortalecimento da produção científica nacional e regional em segurança de alimentos, voltada às realidades locais e à aplicação prática dos resultados.

Em síntese, o diagrama demonstra que a segurança de alimentos é uma área transversal, que articula saberes da nutrição, microbiologia, saúde pública, educação e gestão de alimentos. Essa diversidade de abordagens evidencia que, para compreender e promover alimentos seguros “do campo à mesa”, é necessário integrar dimensões técnicas, comportamentais e regulatórias, reforçando a importância da interdisciplinaridade nas pesquisas e nas políticas de segurança alimentar (Oliveira *et al*., 2020).

A nuvem de palavras (Figura 4) sintetiza as principais temáticas identificadas na revisão bibliográfica sobre segurança de alimentos, evidenciando os termos de maior recorrência e relevância nas publicações analisadas. Observa-se o predomínio de expressões como “segurança de alimentos”, “manipuladores de alimentos”, “atitude e práticas de higiene” e “boas práticas de fabricação”, indicando que a literatura se concentra fortemente em aspectos comportamentais e procedimentais relacionados à manipulação e ao controle higiênico-sanitário (Kanaan *et al*., 2023).

Figura 4 - Nuvem de palavras gerada a partir das palavras-chave identificadas na revisão bibliográfica sobre segurança de alimentos. Os termos de maior destaque representam os temas mais recorrentes nas publicações analisadas, evidenciando o foco das pesquisas em práticas de higiene, comportamento dos manipuladores e controle de contaminações ao longo da cadeia alimentar.

Fonte: Autores.

O destaque para “segurança de alimentos” reflete a centralidade do conceito como eixo estruturante das pesquisas, abrangendo desde o cumprimento de normas e regulamentos até a prevenção de DVA. Em paralelo, a ênfase em “manipuladores de alimentos” demonstra a relevância atribuída ao papel humano dentro da cadeia produtiva, reconhecendo que o comportamento, o conhecimento e a adesão às práticas seguras são fatores determinantes para a garantia da qualidade microbiológica dos alimentos.

A recorrência de termos como “atitude e práticas de higiene” reforça o interesse científico em compreender a relação entre o conhecimento teórico e a aplicação prática das normas de higiene por parte dos profissionais. Essa abordagem comportamental tem sido amplamente explorada em estudos que buscam identificar lacunas entre o saber e o fazer, apontando a necessidade de ações educativas contínuas e programas de capacitação voltados a esses trabalhadores (Oliveira *et al*., 2020).

Além disso, as expressões “boas práticas de fabricação”, “serviços de alimentação” e “inspeção” remetem à dimensão institucional e regulatória da segurança de alimentos, abrangendo desde o cumprimento das legislações sanitárias até a atuação dos órgãos fiscalizadores e a responsabilidade dos estabelecimentos em manter padrões adequados de higiene e controle.

Termos secundários, como “consumidores”, “nutricionista” e “regulamento”, sugerem uma ampliação da discussão para outras esferas envolvidas no processo: a conscientização do público consumidor, o papel dos profissionais de nutrição na

promoção da segurança alimentar e a importância das normas legais para o cumprimento de boas práticas.

Em síntese, a nuvem de palavras evidencia uma forte interconexão entre fatores humanos, técnicos e normativos, refletindo a natureza multidimensional da segurança de alimentos. O resultado aponta para a necessidade de abordagens integradas, que unam capacitação, fiscalização e educação alimentar, a fim de reduzir riscos de contaminação e promover a saúde pública de forma sustentável (Gargiulo *et al*., 2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança de alimentos constitui um desafio contínuo que perpassa todas as etapas da cadeia produtiva, exigindo articulação entre políticas públicas, gestão sanitária e práticas educativas. A análise realizada demonstra que, embora haja avanços significativos nas normativas e nos sistemas de controle, as principais fragilidades ainda residem no comportamento humano, na aplicação inadequada das boas práticas e na falta de integração entre os agentes da cadeia alimentar.

Os resultados apontam que a consolidação de um sistema alimentar seguro requer mais do que o cumprimento de legislações: é necessário promover uma cultura de segurança que envolva produtores, manipuladores e consumidores em um mesmo compromisso ético com a saúde pública. Programas de capacitação contínua, incentivo à rastreabilidade e fortalecimento das ações de fiscalização constituem medidas essenciais para minimizar riscos e garantir a qualidade sanitária dos alimentos.

Além disso, a interdisciplinaridade mostrada nas pesquisas evidencia que a segurança de alimentos deve ser compreendida em sua totalidade, associando dimensões técnicas, sociais e ambientais. O fortalecimento da educação alimentar, o uso sustentável dos recursos e a transparência nas cadeias produtivas são elementos-chave para a consolidação de sistemas alimentares resilientes e sustentáveis.

Em síntese, assegurar alimentos seguros “do campo à mesa” é garantir não apenas a inocuidade dos produtos, mas também o direito humano à alimentação adequada, a confiança do consumidor e a sustentabilidade das futuras gerações.

REFERÊNCIAS

[1] ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos**. Brasília, DF, 2003.

[2] BOLEK, S. Consumer knowledge, attitudes, and judgments about food safety: A consumer analysis. **Trends in Food Science & Technology**, 102, 242-248, 2020. http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.009

[3] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) Nº 275, de 21 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados (POPs) e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos**. Brasília, DF: ANVISA, 2002.

[4] BRUGEFF, E. C. L. *et al*. Knowledge and good food handling practices for products of animal origin in the home setting. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 26, p. e2023055, 2023.

[5] CARVALHO, A. B. *et al*. **Metodologia Científica para a Elaboração de Trabalhos de Conclusão**

de Curso. Editora Atlas, 2015.

[6] CODEX ALIMENTARIUS. **Codex Alimentarius International Food Standards**, 2025. Acesso em: 29 de setembro de 2025. Disponível em:< https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

[7] CUNHA, D. T. *et al*. Food safety performance and risk of food services from diferente natures and the role of nutritionist as food safety leader. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 12, p. 4033-4042, 2018.

[8] FAO – Food and Agriculture Organization of the United States. **The future of food safety: Transforming knowledge into action for people, economies and the environment**, 2019. Acesso em: 29 de setembro de 2025. Disponível em:< https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/275ebe1c-3c57-47ef-a969-4ec7ed2cebbf/content>

[9] FAO – Food and Agriculture Organization of the United States. **FAO Strategic Priorities for Food Safety within the FAO Strategic Framework 2022-2031**, 2023. Acesso em: 02 de outubro de 2025. Disponível em:< https://openknowledge.fao.org/items/7574e000-d051-4ab9-977c-1c06d5ad5cba>

[10] FEITOSA, J. G.; ANDRADE, P. L. Segurança dos Alimsntos e Ferramentas da Qualidade. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 39, p. 5, 2022.

[11] FIGUEROA-GÓMEZ, X. A.; OLIVERAS-LÓPEZ, M. J.; POYANCO-BUGUEÑO, M. F.; OCAÑA-PEINADO, F. M.; LÓPEZ-GARCÍA, L. A.; SERRANA, H.; ARAYA QUEZADA, M. Knowledge, attitude, and practices of restaurant and foodservice personnel in food allergy. A systematic review and meta-analysis. **Heliyon**, v. 10, n. 13, p. e33431, 2024.

[12] FORSYTHE, R. H. Food Safety: A global perspectiva. **Poultry Science**, v. 75, n. 12, p. 1448-1454, 1996.

[13] GARGIULO, A. H.; DUARTE, S. G.; CAMPOS, G. Z.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B. D. G. M.; PINTO, U. M. Food Safety Issues Related to Eating In and Eating Out. ***Microorganisms***, v. 10, n. 11, 2118, 2022. https://doi.org/10.3390/microorganisms10112118

[14] KANAAN, M. H. G. *et al*. Knowledge, attitude, and hygiene practices of food handlers related to food safety in Al-Suwaira City, Wasit Province in Iraq. **International Journal of One Health**, v. 9, n. 2, p. 150-158, 2023.

[15] MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004. **Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. Brasília, DF: ANVISA, 2004.

[16] OLIVEIRA, T.C.; ABRANCHES, M.V.; LANA, R.M. (In)Segurança alimentar no contexto da pandemia por SARS-CoV-2. **Cad. Saúde Pública**, 36, e00055220, 2020.

[17] TRIENEKENS, J.; ZUURBIERI, P. Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 1, p. 107-122, 2008.

[18] VARZAKAS, T.; SMAOUI, S. Global Food Security and Sustainability Issues: The Road to 2030 from Nutrition and Sustainable Healthy Diets to Food Systems Change. **Foods**, 13, 306, 2024. https:// doi.org/10.3390/foods13020306

[19] WHO – World Health Organization. **WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation**, 2022. Acesso em 28 de setembro de 2025. Disponível em:< https://www.who.int/publications/i/item/9789240057685>

[20] YOSEF, D. K. *et al*. Food safety practices and its associated factors among food handlers in selected food establishments in Jigjiga Town, Somali Regional State, Eastern Ethiopia. **Discover Food**, v. 5, n. 6, 2025.

Autores

AUTORES

ADRIELA ALBINO RYDLEWSKI

Doutora em Ciência de Alimentos – UEM

ADRIELLE DE ASSUNÇÃO ALMEIDA

Graduanda em Tecnologia em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

ALEXANDRA PERDIGÃO MAIA DE SOUZA

Doutoranda em Ciência de Alimentos – UEM

ANA PAULA DE OLIVEIRA

Formação técnica Logística em 2015. Graduada em Tecnologia em Alimentos 2021. Formada em especialização no ambito profissional legislativo e industrial de alimentos. Atualmente atua como analista de controle de qualidade no Moinho Dias Branco.

ANTÔNIO QUARESMA DA SILVA JÚNIOR

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia (Bionorte – UFOPA), Docente do Centro Universitário da Amazônia – UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

BIANCA PAZINATO

Mestranda em Ciência de Alimentos – UEM

CAMILA CALISTRO MICULIS

Mestranda em Ciência de Alimentos – UEM

CAROLINA AGUIAR E SILVA

Mestranda em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil.

CÉLIA DINIZ GARCIA

Graduanda em Tecnologia em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

CRISTIANE MARA SILVA DE VASCONCELOS

Especialista em Estratégia Saúde da Família pelo Programa de Residência Multiprofissional em Saúde da Família da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém, Pará, Brasil.

DANIELA CAVALCANTE DOS SANTOS CAMPOS

Professora Doutora em Biotecnologia e Biodiversidade

DARLENE VITÓRIA SILVA DA COSTA

Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA.

AUTORES

DÉBORA PINHATARI FERREIRA

Doutoranda em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Londrina (2016).

ELIVANE FEITOSA OLIVEIRA DE LIMA

Biomédica especialista em Banco de sangue e hematologia clinica pela faculdade Famart, e Pós graduanda em Imaginologia com ênfase em tomografia Computadorizada e ressonância magnética pelo Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

ELIVELTON PONTES TEIXEIRA

Acadêmico do Curso de Biomedicina do Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

ELIZANGELA REGINA DA SILVA MARTINS

Mestranda em Ciência de Alimentos – UEM

ELLEN CRISTINA PERIN

Professora Adjunta na Universidade Federal de Santa Maria, atuando na área de Tecnologia de Produtos de Origem Animal

FABIANE DE CARVALHO SOUSA

Tecnóloga em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

FLÁVIA MICHELON DALLA NORA

Professora Adjunta na Universidade Federal de Santa Maria, atuando na área de Análise Sensorial de Alimentos

FLÁVIA NATHALE CORRÊA BENTES

Bacharel em Nutrição, Centro Universitário da Amazônia – UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

FRANKY SOEDIRLAN RESOSEMITO

Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Unesp. Professor do Curso Tecnologia em Alimentos do IFMA São Luís - Campus Maracanã

GERUSA MARTINS AYRES

Possui graduação em Nutrição pelo Centro de Estudos Superiores de Londrina (1999). Especialização em Nutrição e Metabolismo na Prática Clínica (UEL, 2003), em Ensino de Biologia (UEL, 2019) e em Saúde Pública e Vigilância Sanitária (FAVENI, 2020) . Possui Formação Pedagógica para Professores da Educação Profissional da Rede Pública no Eixo Tecnológico de Produção Alimentícia (UEL, 2010) e em Ciências Biológicas (UNIFIL, 2016). Possui experiência profissional em alimentação coletiva, gestão de qualidade de alimentos e na coordenação e docência de cursos técnicos em Alimentos e em Nutrição e Dietética. Atualmente exerce a função de coordenadora do Curso Técnico em Nutrição e Dietética do Colégio Estadual Polivalente e de professora de disciplinas técnicas.

AUTORES

IASMIM LOUÍSE FREITAS DA SILVA

Acadêmica do Curso de Nutrição do Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

INAÊ FERREIRA PINTO

Mestranda no Programa de Pós Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil.

ISABELA DE SOUZA MATTOS

Graduada em Tecnologia de Alimentos em 2021. Atuou em diversas industrias de alimentos. Atualmente está atuando em controle de qualidade na Companhia Cacique de Café Solúvel.

JOICE FARIAS FERNANDES

Farmacêutica especialista em farmácia hospitalar e farmácia clínica em pediatria pela faculdade de Minas - Facuminas, Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil.

JULIANA MORAES ARAÚJO

Graduanda em Tecnologia em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

JULIE SUZAN DA SILVA

Mestranda em Engenharia de Alimentos – UEM

KAMILA BRIELLE PANTOJA VASCONCELOS

Mestre em Ciências Ambientais (PPGRNA - UFOPA), Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia (Bionorte – UFOPA), Santarém, Pará, Brasil.

KARINA ALCÂNTARA DE SOUSA

Mestre em Ciências da Saúde (PPGCSA-UFOPA), Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia (Bionorte – UFOPA), Santarém, Pará, Brasil.

LAILSON OLIVEIRA DE SOUSA

Mestre em Tecnologia de alimentos pela Universidade estadual de campinas

LUANA CRUZ MUXFELDT

Doutoranda em Ciência de Alimentos – UEM

LUANA MORAIS ANTONINI

Doutoranda em Ciência de Alimentos – UEM

LUANE PATRICIA SILVA PONTES

Graduanda em Tecnologia em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

AUTORES

LUCIANA FURLANETO-MAIA

Doutora em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal do Paraná (2006); mestre em Microbiologia pela Universidade Estadual de Londrina (1998) e graduada em Ciencias Biologicas pela Universidade Estadual de Londrina (1995). Docente Titular da Universidade Tecnologica Federal do Parana (UTFPR) desde 2007. Bolsista produtividade Fundação Araucária (2024-2026). Bolsista produtividade CNPq (2008-2011). Revisor dos periodicos: Foodborn pathogens and disease; Mycopathologia; Africa Journal of Microbiology Research; The Open Microbiology Journal; The Brazilian Journal of Microbiology; Semina - Agrarias; Semina - Biologica e Saude; Archives of Oral Biology; Mycoses; Journal of applied Microbiology. Editorial Board member da Journal of Microbiology and Laboratory Science e South Asian Journal of Research in Microbiology. Membro do London Journal Press. Atua nos seguintes temas: microbiologia geral e médica; microbiologia de alimentos; biotecnologia. Atua especificamente em: analise de linhagens probioticas de bacterias acido laticas (Enterococcus); analise e aplicação de bacteriocinas; estudo de sinergismo antimicrobiano entre compostos naturais; sintese biogenica de nanoparticulas com atividade antimicrobiana; controle de biofilme. Membro do Comite Assessor de Área da Fundação Araucaria. produtividade da Fundação Araucária - Paraná. Docente do programa de mestrado/doutorado acadêmico Tecnologia de Alimentos.

MARIANNA POZZATTI MARTINS DE SIQUEIRA

Professora Adjunta na Universidade Federal de Santa Maria, atuando na área de Tecnologia de Produtos de Origem Animal

MARINA LEVORATO DE MORAES

Graduada em Engenharia de Alimentos (2016) e Mestre em tecnologia de alimentos (2022) pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Atualmente, Engenheira de alimentos na Cooperativa COAPROCOR, responsável técnica do processamento de polpa e suco de frutas.

MARIO CESAR SOARES TEIXEIRA

Mestre em Matemática aplicada e Computacional pela Unicamp

MARLY SAYURI KATSUDA

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1996) e doutora em Ciências de Alimentos (2007) pela Universidade Estadual de Londrina com estágio doutoral na University of Massachusetts, Amherst, MA. Atualmente é professor na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina no curso de Tecnologia de Alimentos e docente permanente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos Mestrado Profissional. Desenvolve pesquisas na área de Ciência e Tecnologia de leite e derivados, desenvolvimento de produtos lácteos e inovação tecnológica. Possui produção científica na área de ciência e tecnologia de leite e derivados e controle de qualidade de embalagens.

MATHEUS ABRAÃO PIOVESAN PEDROSO

Mestrando em Ciência e Tecnologia dos Alimentos na UFSM

MAYARA ZAGOTO

Doutoranda em Ciência de Alimentos – UEM

NICOLAS BUENO MORDHOST ZERAIK

Mestrando em Ciência de Alimentos – UEM

AUTORES

PABLÍCIO PEREIRA CARDOSO

Mestrando em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil.

POLIANA DOS SANTOS BEZERRA

Tecnóloga em Alimentos pelo IFMA São Luís Campus Maracanã

RAFAEL SILVA CARDOSO

Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, Pará, Brasil.

RALANE GOMES DA SILVA

Pós-graduanda do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Ambiente, Sociedade e Amazônia da Universidade Estadual de Roraima

SIMONE MARIA ALTOÉ PORTO

Doutoranda em Ciência de Alimentos – UEM

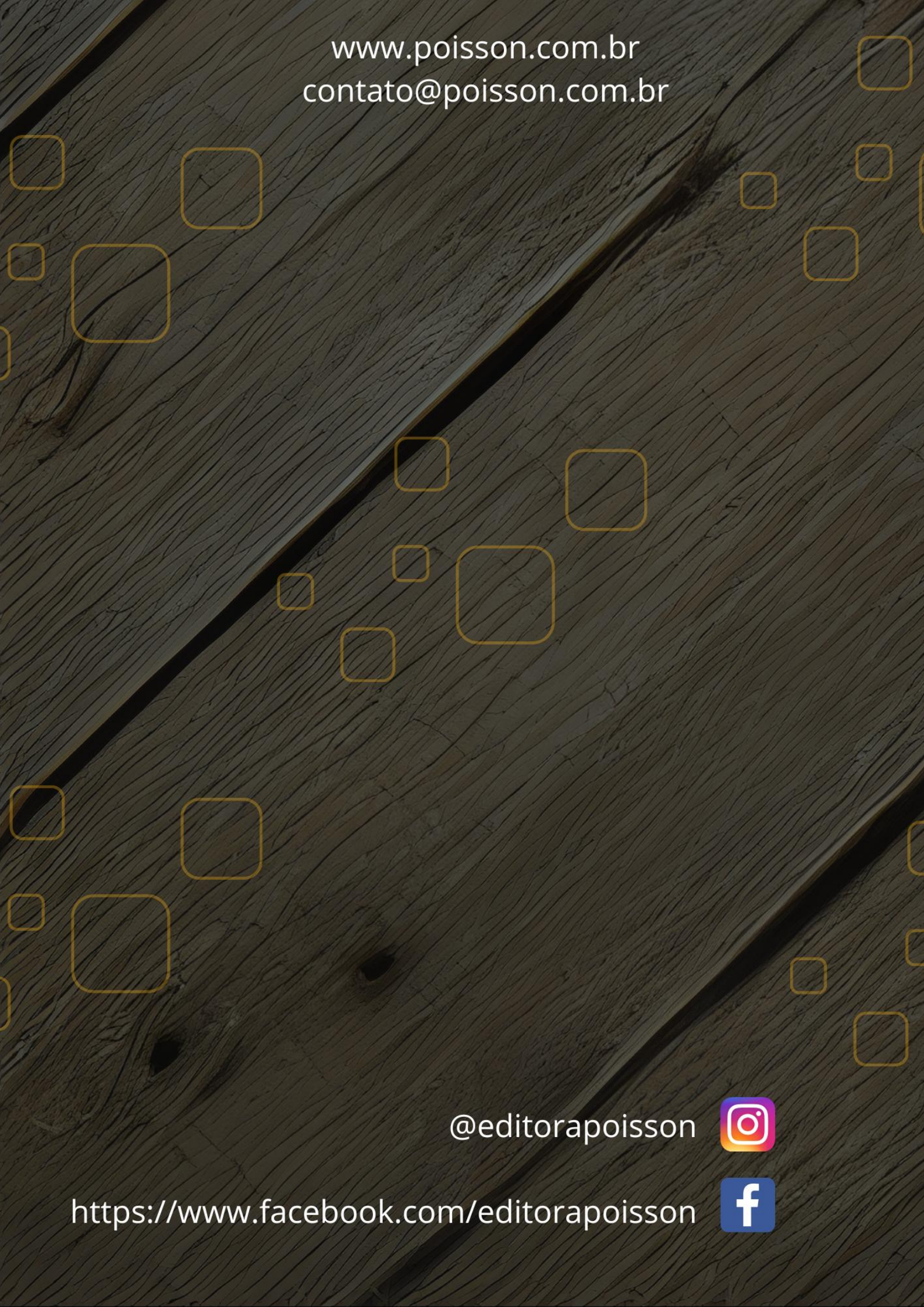
THAYANE ANDREYNA SANTOS BARROS

Acadêmica do Curso de Biomedicina do Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, Santarém, Pará, Brasil.

ZANDLEME BIRINO DE OLIVEIRA

Mestre em Ciências Ambientais (PPGRNA - UFOPA), Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia (Bionorte – UFOPA), Santarém, Pará, Brasil.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson